





W2  
M.L. MA4  
retain 59cg

DOCUMENT SECTION

INDEX 0170  
CAL. BY I. C. D. R. 6

ITEM No. 24  
FILE No. XXIX-21

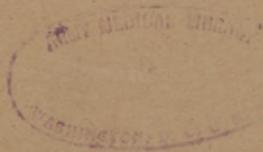
COPY No. 170

006  
W  
1  
L891

RESTRICTED



MISCELLANEOUS  
AVIATION MEDICAL MATTERS



RESTRICTED

COMBINED INTELLIGENCE OBJECTIVES  
SUB-COMMITTEE

1945



~~RESTRICTED~~

MISCELLANEOUS AVIATION MEDICAL MATTERS

Reported by

LEO ALEXANDER, Major, M.C., AUS.

CIOS Item 24  
Medical

Allied Forces, Supreme Headquarters.  
Combined Intelligence Objectives Sub-Committee G-2  
SHAEF (Rear) APO 413.

~~RESTRICTED~~

R E S T R I C T E D

TABLE OF CONTENTS

<u>Subject</u>	<u>No.</u>
1. General aviation-medical problems	3
2. Additional data on the pathophysiological aspects of prolonged exposure to cold, not included in the above cited previous report	6
3. Related general physiological and resuscitation problems, including resuscitation following accidental electric shock.	
4. Anoxia and altitude tolerance	6
5. Explosive decompression, comparable with that produced by puncture of high pressure cabins at great altitudes, and rapid and slow descent from high altitudes, comparable with free fall and with descent by parachute	7
Appendix 1	15
" 2	34
" 3	35
" 4	40
" 5	49
" 6	50
" 7	53
" 8	56
" 9	76
" 10	83
" 11	93
" 12	98
" 13	99
" 14	101
" 15	115
" 16	119
" 17	126
" 18	128
" 19	134
" 20	136

R E S T R I C T E D

This report concerns various aviation-medical data which was encountered during investigation of other and related subjects (see my previous reports: "The treatment of shock from prolonged exposure to cold, especially in water", "Neuropathology and Neurophysiology, including Electroencephalography in wartime Germany", and "German Military Neuropsychiatry and Neurosurgery"), but which were not included in those reports. The present report is based on data including animal experiments, observations, inventions and practical suggestions, supplied by Dr. Wolfgang Lutz, Stabsarzt der Luftwaffe, of the Institut für Luftfahrtmedizin, München, at present evacuated to the Molkereischule Weihenstephan in Freising, Bavaria, and on a secret report on experiments on human beings concerning the sequelae of rapid and slow descent from great heights in the low pressure chamber, performed at the concentration camp in Dachau by Dr. Romberg and Dr. Rascher which was found in Himmler's secret cave in Hallein.

The material of this report falls into the following groups:

1. General aviation medical problems.
2. Additional data on the patho-physiological aspects of prolonged exposure to cold, not included in the above cited previous report.
3. Related general physiological and resuscitation problems, including resuscitation following accidental electric shock.
4. Anoxia and altitude tolerance.
5. Explosive decompression, comparable to that produced by puncture of high pressure cabins at great altitudes, and rapid and slow descent from high altitudes, comparable with free fall and descent by parachute.

1. General aviation-medical problems.

On 7 April 1943, Dr. Lutz made a report, stamped "secret", in which he summarized observations which he made while on detached Service to operational fighter units on the Western front, in which he made suggestions for improvements in equipment from the aviation-medical point of view (Appendix 1). Dr. Lutz observed that pilots who had to abandon damaged aircraft at great heights, tended to open their parachutes too early, because of an understandable reluctance to trust their own

388844

estimation of distance from the ground while falling freely. Dr. Lutz felt that there was need for a small reliable altimeter which the pilots could use while baling out. Dr. Lutz told me, in discussing the subject matter of this report, that he thought of a small handy altimeter in the form of a bracelet, which the pilot could observe while falling freely and which would give him the proper time at which he should pull the ripcord.

The report went on to state that the flying boots frequently came off when baling out, thus exposing the pilot to cold injury, and that there was need for flying boots which could be firmly fastened to the trouser legs. For the case of accidental immersion after landing in water, there was need for a translucent face protector and a "swim-bladder" in addition to the usual life jacket, as well as for suitable clamps in case of punctures of the inflated life-saving equipment (life jackets and rubber dinghies). Dr. Lutz stated that every pilot who had served for some length of time owed his life to the proper functioning of one or the other rescue device. The number of available rescue devices should be constantly increased. Dr. Lutz felt that particularly the aids for finding flying personnel immersed in the sea should be improved. While the present system of using water soluble coloring matter was helpful, it could not always be relied on, especially in a heavy sea. Dr. Lutz felt that smoke buoys in daytime, and light buoys at night-time, should be introduced as additional aids. These signal buoys should be so arranged that they would fall out of the aircraft as the pilot baled out. They should be made of a substance which would give off smoke or light upon contact with water. Especially every searching aircraft should be fitted with smoke or light buoys, which could be aimed like bombs, and could mark out the site of the swimming flier in the water, in order to facilitate rescue by searching motor launches. For rescues at night-time, fluorescent paint of rubber dinghies and life jackets, which would respond particularly well when struck by the beam of a searchlight, would be an additional facilitating measure. Also umbrella-like antennae, which could be attached to the parachute and which could be detected by radar ("adkok"), would be helpful.

Dr. Lutz made the general statement that there was insufficient liaison between flying outfits and air-sea-rescue organizations, and that flight surgeons should improve that liaison. Dr. Lutz ended his report by discussing the injuries of flying personnel due to collision with their own aircraft when baling out.

He came to the conclusion that a catapult lever, which would pull the pilot out by his back without the seat was preferable to extrusion by catapult seat.

At the Institut für Luftfahrtmedizin at Weihenstephan in Freising, particular attention was paid to improvements in low pressure chamber design. A large and elaborate low pressure chamber with facilities for explosive decompression was constructed (Appendix 2). Regulation of the pace of simulated parachute descents by means of an air flow meter was devised (Appendix 3). Another improvement was facilities for disposal of exhaled gases from the low pressure chamber (Appendix 4).

The original research program of the institute (Appendix 5) included the following subjects: (1) The development of an oxygen mask which would not cause condensation and icing over the windshield of fighter aircraft; (2) resuscitation from shock after exposure to cold in cases of emergencies at sea suffered by flying personnel; (3) resuscitation after carbon monoxide poisoning incidental to fires; (4) explosive decompression due to puncture of high pressure cabins of stratosphere aircraft, and effective counter-measures against the ill effects produced thereby, and (5) parachute descent from greatest altitudes, the resuscitation of parachutists descending from such altitudes who have become unconscious and who present a state of apparent death, and prevention of death from anoxia incidental to such parachute descents.

A work program of 8 March 1944, gave further details concerning these problems (Appendix 6). It lists special projects concerning anoxia, oxygen intoxication and concerning the physical effects of altitude, including decompression (bends), low pressure, and explosive decompression. Of particular interest is a project concerning the physical fundamentals of a phonetic system which would be independent from altitude and which would permit radio communication independent from decrease in atmospheric pressure. Research concerning the prevention of gas edema at low pressure, by means of high oxygen pressure, was planned also. Other projects included various studies concerning resuscitation from shock due to exposure to cold, especially problems of the so-called "rewarming collapse". (These studies were amply covered in a previous report cited above).

The work program of 16 November 1944 (Appendix 7) reports progress in regard to the problem of "salvage

of personnel from highest altitudes". The necessity for automatic equipment, giving artificial respiration while descending by parachute from highest altitudes, was considered necessary in order to overcome the incidental atelectasis; as an alternative a "protective suit against explosive decompression" was proposed. This suit was to be tried in connection with the development of new aircraft at Ainring. The pilot, in this new aircraft, was flying - not in a sitting-but in a lying position. The construction of the attachment to the oxygen mask which was to prevent condensation and icing over the cabin windows, especially the windshield, by means of an absorbent silica canister, was completed on 1 February 1945 (Appendix 8).

2. Additional data on the pathophysiological aspects of prolonged exposure to cold, not included in the above cited previous report.

This data is included in two unpublished reports: "Dependence of impulse transmitted in the heart upon temperature" (Appendix 9), and "The nature and cause of arrest of the heart due to chilling" (Appendix 10). They are interesting additions to the subject matter of the above cited previous report.

3. Related general physiological and resuscitation problems, including resuscitation following accidental electric shock.

Material falling under this heading is included in two published papers, and in an unpublished report. The published papers are: Gerster, Hans: "Der Einfluss von Körperlage und Atemtyp auf die respiratorische Arrhythmie" ("The influence of position of body and of type of respiration upon respiratory arrhythmia"), Inaugural Dissertation, Medical Faculty, University of Munich, (C. Wolf & Son), Munich 1940; Weltz, G.A.: "Die kleinen Ohnmachten des täglichen Lebens" ("The minor fainting spells of daily life"), Zeitschrift für Kreislauforschung, 36: 289 - 306, 1944. The unpublished paper by Dr. W. Lutz is entitled "Directives for handling electric accidents (apparent death)". ("Physical and physiologic fundamentals of electric accidents") (Appendix 11). This directive includes essentially the modern standard methods first developed by Jellinek, without any of the additional improvements developed in the United States during the last ten years.

4. Anoxia and altitude tolerance.

Data on this general basic subject matter is all

contained in published reports. A list of them follows:  
Werz, R.von, and Reiter, R.: "Eine einfache, unblutige Methode zur Bestimmung der Sauerstoffsättigung des Blutes" ("A simple non-bloody method for determination of oxygen saturation of the blood"), Luftfahrtmedizin, 5: 32 - 39, 1940.

Blasius, W., and Bauereisen, E.: "Eine neue Möglichkeit zur Beeinflussung der Höhentoleranz des Menschen in der Unterdruckkammer" ("A new possibility for influencing altitude tolerance of human beings in the low pressure chamber"), Luftfahrtmedizin, 6: 67 - 82, 1942.

Schnell, Joseph: "Über das Verhalten des Muskelbinnendruckes ('Muskeltonus') bei akutem Sauerstoffmangel" ("Intramuscular pressure ('muscular tonus') in acute anoxia"), Luftfahrtmedizin, 7: 68 - 83, 1942.

Weltz, G.A., and Werz, R.von: "Die Darmbewegungen unter Sauerstoffmangel" ("Intestinal movements in anoxia"), Luftfahrtmedizin, 7: 98 - 117, 1942.

Lutz, W., Wendt, H.J., Werz, R.von, and Zirngibl, M.: "Über die Wirkung von Kohlensäure auf die Erholung aus Sauerstoffmangel" ("On the influence of carbon dioxide upon recovery from anoxia"), Luftfahrtmedizin, 8: 249 - 255, 1943.

Seelkopf, K.: "Beruht die Giftwirkung des reinen Sauerstoffs auf einer Schädigung der Fermente?" ("Is the toxicity of pure oxygen due to damage of ferments?"), Luftfahrtmedizin, 9: 57 - 67, 1944. In this paper, Dr. Seelkopf concluded that oxygen did not significantly interfere with fermentations.

5. Explosive decompression, comparable with that produced by puncture of high pressure cabins at great altitudes, and rapid and slow descent from high altitudes, comparable with free fall and with descent by parachute:

This subject was foremost among the interests of German aviation-medical research men since 1942. Dr. Lutz carried out a series of experiments concerning survival times, and concerning the exact mechanism of the dysfunction produced by explosive decompression followed by parachute descent. (Lutz, W.: "Die Überlebenszeit nach Drucksturz in grössten Höhen" ("The survival time after explosive decompression at highest altitudes"), Luftfahrtmedizin, 7: 84 - 97, 1942; "Der anoxische Scheintod" ("Apparent death from anoxia"), Luftfahrtmedizin, 8: 171 - 195, 1943). In a restricted publication he and Wendt established the margins of safety in animal experiments (Wendt, H.J., Stabsarzt der Luftwaffe, and Lutz, W., Oberarzt

der Luftwaffe: "Tierversuche zum Fallschirmabsprung aus Überdruckkabinen" ("Animal experiments on the subject of parachute descent from high pressure cabins"), Mitteilungen aus dem Gebiet der Luftfahrtmedizin, Forschungsbericht 5/42. Nur für den Dienstgebrauch!) Wendt and Lutz found that the upper margin of safety for baling out of a high pressure cabin without breathing oxygen while descending rapidly was at 14,000 metres (45,500 feet). If oxygen were supplied while descending, this margin could be raised to above 21,000 meters (68,250 feet). However, in all such descents from 18,000 meters (58,500 feet) and above, unconsciousness followed by a post-hypoxic twilight state, sometimes complicated by respiratory paralysis, had to be reckoned with, which suggested the necessity of introduction of a protective suit against explosive decompression, or at least the introduction of a parachute which was to open automatically at the right altitude when the free fall should have been terminated, at which time the flier was expected to be still unconscious, according to the figures of duration of unconsciousness which were determined for the various altitudes investigated.

An excellent review of the aviation-medical problems of stratosphere flights was supplied by Theodor Benzinger ("Physiologische Grundlagen für Bau und Einsatz von Stratosphärenflugzeugen"), ("Physiologic fundamentals for construction and military use of stratosphere aircraft"), Schriften der Deutschen Akademie der Luftfahrtforschung, 7: 29 - 46, 1943), with discussions of the pathological aspects of the problem by the pathologist Roessle, of Berlin (on pages 47 - 51 of the same issue), and general discussions by Lutz, Luft and Strughold, on pages 52 - 55. Dr. Lutz later wrote a condensed review of the paper (Appendix 12).

A special problem at altitudes of 20,000 meters (65,000 feet) and above, especially above 24,000 meters (78,000 feet), is atelectasis of the lungs, which is due to the formation of gas in the blood vessels and interstices of the lungs and in the heart, combined with compression of the thorax by subcutaneous formation of gas. Dr. Lutz carried out instructive experimental studies on this subject, supported by clear-cut X-ray evidence: (Lutz, W.: Die Druckfallatelektase und ihr Einfluss auf die Rettungsmöglichkeit aus Höhen über 20,000 Meter ("Decompression-atelectasis and its influence upon the chances for escape from altitudes above 20,000 meters"); Unpublished manuscript (Appendix 13), and Lutz, W.: Die Depressions- (Druckfall-) Atelektase (Wesen,

Entstehungsbedingungen, Einfluss auf die Rettungsmöglichkeit aus grossen Höhen und Gegenmassnahmen") ("Decompression-atelectasis: its nature, its origin, its influence upon the chances of escape from highest altitudes and counter-measures"); unpublished manuscript (Appendix 14). Dr. Lutz found that this atelectasis could be overcome if oxygen under pressure of 20 mm Hg were supplied on the way down during descent. He postulated that a pulmator-like device should be available for aviators who had to bale out from such altitudes, which would supply them with oxygen under pressure, as the sole alternative of the preferable introduction of an anti-decompression suit. Such a suit was devised and patented by Dr. Lutz (Appendices 15 and 16). The firm of Gustav Draeger, in Lübeck, Germany, had supplied experimental models of this suit. According to reports which Dr. Lutz made to Luftwaffe authorities on 30 June 1944 (Appendix 17) and on 7 August 1944 (Appendix 18), these models had been tested at Rechlin and preparations were made to test them in flight at the aviation experimental station in Ainring, where new aircraft for high altitude flight was being tested in which the pilot was to fly not in a sitting, but in a lying position.

On the basis of his experiences Dr. Lutz wrote also a directive for fliers concerning the best method of descent from altitudes up to 12,000 meters (39,000 feet), in which he stressed the advisability of free falling down to at least 7,000 meters (22,750 feet). He also advised to take a deep breath of oxygen before baling out and if possible to hold the breath until down to 22,750 feet. The speed of free falling was given as 1,000 meters (3,250 feet) for every 15 seconds (Appendix 19).

Dr. Lutz stated that he considered it as preferable for high altitude flights at 12,000 to 15,000 meters, (40,000 - 50,000 feet), to fly with oxygen in a pressurized cabin equivalent to 8,000 meters (27,000 feet), rather than without oxygen at a pressure equivalent to 3,000 meters (10,000 feet), in order to avoid too violent explosive decompression from enemy action. A sudden explosive decompression from 10,000 up to 50,000 feet, without gradual adaptation, is bound to produce severe anoxia, because the lung contains air with only a low concentration of oxygen. However, if flight under oxygen at a pressure equivalent to 27,000 feet had preceded, the lung would contain 5 times as much oxygen, and acute severe anoxia would be avoided. Hence anoxia could develop only slowly and a period of adaptation which requires at least 10 - 15 breaths, would become available. Furthermore, a too violent explosive decompression produces disabling abdominal symptoms.

Experiments similar to the ones which Wendt and Lutz had performed on animals (referred to above) were performed by Dr. Rascher and Dr. Romberg on human beings in the concentration camp in Dachau. The final report entitled: "Versuche zur Rettung aus grossen Höhen" ("Experiments on escape from high altitudes"), dated 20 July 1942, with a letter of transmittal from Dr. Rascher to Himmler's adjutant, SS-Obersturmbannführer Dr. R. Brandt, was found in Himmler's secret files in his cave at Hallein. This report, including the letter of transmittal, is reproduced as Appendix 20. The report is stamped 'secret' ("Geheime Kommandosache"). The study reported was performed under the auspices of the "Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt e.V.," Berlin-Adlershof, and the SS Research Institute Ahnenerbe. It is signed on the inner title page as approved by the director of the "Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt", namely Dr. Ruff.

The experiments were carried out in a mobile low-pressure chamber, which permitted lowering of pressures down to those prevailing at 21,000 meters (62,850 feet). After the experimental subjects were placed in the low pressure chamber, the simulated altitude therein was raised in certain groups of experiments approximately 1,000 meters (3,250 feet) per minute, while the subjects were still breathing oxygen, while in other groups of experiments decompression was explosive. Then a simulated descent was begun.

When oxygen was administered at altitudes above 10,000 meters (32,500 feet), oxygen was administered by a blowing device. In order to simulate conditions comparable with baling out, a period of 10 seconds was allowed to elapse after arrival at the test altitude before descent was begun. In a number of experiments the subject was required to perform a series of six deep knee bends comparable with the effort of leaving the aircraft. As to the mode of descent, four different series of experiments were performed:

- (1) those in which slow descent was made comparable with floating down by parachute without administration of oxygen;
  - (2) slow descent comparable with floating down, while the subject was still breathing oxygen;
  - (3) rapid descent comparable with free fall without oxygen; and
  - (4) rapid descent comparable with free fall with oxygen.
- In three additional sub-groups of experiments the subjects were in a lying position, in a sitting position or suspended from parachute harness in an upright

position. In those cases in which descent was to be carried out without oxygen, the mask was removed before the above mentioned 10-second interval.

The results were reported separately for the four groups of experiments:

(1) Slow descent comparable with floating down by parachute without administration of oxygen. Up to altitudes of 9,000 meters (29,250 feet) no symptom of altitude sickness occurred.

During descent from altitudes of 10,000 meters (32,500 feet), however, two minutes after starting the descent, at a pressure corresponding to an altitude of 8,600 meters (27,950 feet), typical altitude sickness occurred, which subsided after six minutes, which was still long before the subject reached the "ground". Unconsciousness did not occur while descending from this altitude. The subject kept on writing although in a distorted manner (See the first of the writing samples (Appendix 20)).

When descending from 12,000 meters (39,000 feet), the subjects became unconscious after 37.- 99 seconds, when an altitude of about 11,000 meters (35,750 feet) was reached. The subjects woke up about  $6\frac{1}{2}$  -  $7\frac{1}{2}$  minutes later at an altitude of about 7,000 meters (22,750 feet). These figures varied slightly according to whether the subject was lowered while lying down without preliminary exercise, or whether he was sitting down after exercise or whether he was suspended by the harness of his parachute. Unconsciousness lasted longest and occurred earliest when the subject was suspended from parachute harness, while it lasted shortest and occurred latest when the subject was lying down without preliminary exercise. (Appendix 20, Table 1).

When descending from an altitude of 13,000 meters (42,250 feet), in an upright suspended position, unconsciousness was found to occur 20 seconds after beginning the descent, namely at a simulated altitude of 12,800 meters (41,600 feet), while the subject woke up 19 minutes later at a simulated altitude of 1,600 meters (5,200 feet). If descent was made in a sitting position, unconsciousness did not set in until later and lasted a shorter time, thus beginning at a lower but ending at a higher altitude than when the subject was suspended.

When subjects were made to descend from altitudes of 15,000 meters (48,750 feet) without oxygen, severe symptoms of anoxic cerebral dysfunction occurred, namely tonic clonic convulsions, respiratory disturbances similar to the convulsive respiration of agony, temporary blindness and paralysis of limbs, and severe post-hypoxemic confusional "twilight" states. The authors stated that they performed a great number of experiments at this altitude level. On page 13 - 15 of their report, the authors described the symptoms exhibited by one of their subjects. They especially gave a verbatim account of his utterances during the period of post-hypoxemic twilight state. The authors state that this experimental subject was a delicatessen dealer "in civilian life" (this is an euphemism indeed; it should rather read: 'he was a delicatessen dealer before his unlawful deprivation of liberty and human rights by imprisonment in a concentration camp'.) It is of interest that in his post-hypoxemic state, the psychological reaction in response to the crushing experiences of the type of imprisonment such as provided in a concentration camp, expressed itself in a dramatic and touching manner. He said: "One moment please ..... may I breathe?..... is it all right if I breathe?" Then he took a breath and said "Thank you very much ....." "Am I allowed to breathe?" On being answered in the affirmative he said: "I am content with it ....." Then he asked again: "breathe?" The experimentors then found that he was obviously unable to see because he ran into an open window-frame which caused a large swelling on his forehead. He then said: "Pardon me please". The experimentors apparently were quite unaware that these responses revealed more than the organic aspects of post-hypoxemic confusion.

The experimentors concluded that in their experiments at 12,000 meters (39,000 feet) or at 13,000 meters (42,250 feet) and above, the anoxic symptoms were combined with the symptoms of decompression (bends). The two experimentors themselves ascended to those levels in the low pressure chamber while breathing oxygen and experienced marked pain such as suggestive of the bends at those altitudes. The pain experienced by them felt as if a whole side of the body were crushed between powerful presses, and as if the head were blown apart. These pains were so intense in the experiments carried out by Dr. Rascher and Dr. Romberg on themselves, that - in Dr. Rascher's case - it had to be stopped before completion. Dr. Romberg went up to 13,500 meters (43,875 feet), and Dr. Rascher up to 12,500 meters (40,625 feet). There is no case on record in which either Dr. Rascher or Dr. Romberg ever stopped an experiment on one of their unfortunate subjects because of pain felt by them.

Former prisoners of the Dachau concentration camp who had known many of the victims of Dr. Rascher and Dr. Romberg, stated that the experiments in the low pressure chamber were among the most dreaded tortures because of the intense pain associated with the bends experienced by the victims. These statements were made by Mr. John Bauduin, Dr. Paul Hussarek and Mr. Oscar Husermann. (For additional statements made by them see my report: "The Treatment of Shock from prolonged exposure to cold, especially in water").

Rascher and Romberg estimated an altitude of 13,000 meters (42,250 feet) as the upper safe level for descent by parachute without oxygen.

(2) Slow descent comparable with floating down by parachute, with administration of oxygen.

By using oxygen throughout the experiment, including descent, the upper safe level could be extended to 18,000 meters (58,500 feet). On descent from that altitude unconsciousness occurred at 17,900 meters (58,175 feet), 7 seconds after beginning descent and lasted for 10 minutes 35 seconds, i.e. until an altitude of 8,500 meters (27,625 feet) was reached on the way down (See Appendix 20, Table 4). Altitude sickness in this group of experiments was far less severe although unconsciousness occurred fairly promptly; but the subsequent convulsive state was much milder than in the experiments without oxygen. Respiratory paralysis never occurred in this group of experiments. Upon awakening from unconsciousness the individuals were clear of mind without showing signs of post-hypoxemic confusion.

(3) Experiments on rapid descent comparable with free fall, without oxygen.

Descent could be accomplished from altitudes as high as 20,000 meters (65,000 feet) without mishap. Unconsciousness occurred 17 seconds after beginning descent, namely at an altitude of 19,750 meters (64,188 feet), and lasted 178 seconds, i.e. until an altitude of 3,200 meters (10,400 feet) was reached.

A subject descending from 21,000 meters (68,250 feet) developed in addition to unconsciousness respiratory paralysis which lasted from 11,000 down to 7,000 meters (35,750 feet to 22,750 feet). Recovery from unconsciousness was delayed in this case until 1 minute 10 seconds after descent, i.e. after the individual had reached ground level (See Appendix 20, Table 5).

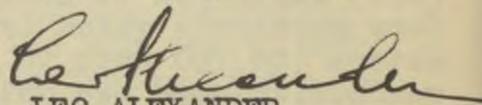
(4) Experiments on rapid descent with administration of oxygen.

Administration of oxygen on descent from high altitudes raised the safe level to 21,000 meters (68,250 feet), which is as high as the portable low pressure chamber permitted. Unconsciousness occurred 15 seconds after beginning the descent, namely at an altitude of 20,875m (67,844 feet), and lasted for 60 seconds, i.e. until the subject reached an altitude of 12,900 meters (41,925 feet).

In their discussion of the experiments, the authors (Rascher and Romberg) stated that no fatalities occurred among their entire series of experimental subjects. This statement, however, is in contradiction with evidence contained in Himmler's files of correspondence with Dr. Rascher. According to these documents, the experiments on escape from high altitudes were begun in Dachau in March 1942 and completed on 20 May 1942, although the final report was not submitted until 28 July 1942. While the experiments were still going on, namely on 13 April 1942, Mrs. Rascher requested permission to take color photographs of fresh preparations from freshly autopsied subjects who were killed during the experiments, and Dr. Rascher sent a request to Himmler on 15 June 1942 requesting pardons for three inmates of the Dachau concentration camp for the purpose of their transfer to the front as soldiers because their political crimes had been only minor and because they had been helpful in his experiments, especially in assisting him in "performing autopsies in the low pressure chamber at a height of 13,800 meters". This constitutes definite evidence of the fact, supported by the statements of witnesses in Dachau, that people were killed in the low pressure chamber in contradiction to the statement made in the report that no fatalities had occurred in these experiments.

It is my considered opinion that Dr. Rascher - if he is still alive, as indicated by recent rumors - as well as Dr. Romberg and Dr. Ruff, should definitely be tried as war criminals for these forced experiments on human beings. Apart from unnecessary infliction of pain, suffering and death, upon innocent human beings, it is quite obvious that Dr. Rascher and Dr. Romberg in their experiments on human beings failed to add one iota to the information which had been contributed by Wendt and Lutz in their original animal experiments.

22 August 1945.

  
LEO ALEXANDER  
Major, M.C.

Stabsarzt Dr. W. Lutz  
Kommandiert z. Ltd. San. Offz.  
beim H<sup>ö</sup>: Jafü. West

7 April 1943

Bericht Über fliegerärztliche Erfahrungen

bei Jagdverbänden im Westen.

Der vorliegende Bericht ist das Ergebnis einer Rundreise bei Jagdverbänden im Bereich des Höheren Jafü West in der Zeit vom Januar bis Februar 43. Er wurde erweitert und ergänzt durch Erfahrungen, die anlässlich des Einsatzes des U-Kammerzuges (mot) 4 bei diesen Verbänden gemacht wurden.

Die einzelnen Fälle, auf denen sich die Charakterisierung des Gesamtbildes aufbaut, sind z. Teil in den fliegerärztlichen Erfahrungsberichten der Truppenärzte bereits nieder-gelegt, sodass auf eine eingehende Schilderung in der Regel verzichtet werden kann. Der Bericht versucht, nicht sosehr einzelne Ereignisse und Zwischenfälle, als vielmehr die allgemeine Lage sowie gemeinsame Erfahrungen und Ansichten des fliegenden Personals über das behandelte Gebiet zur Kenntnis zu bringen.

Wenn der Inhalt dieses Berichtes auch zum Grossteil nicht ärztlicher oder unmittelbar san.dienstlicher Natur ist, so dürfte er trotzdem von fliegerärztlichem Interesse und in der einen oder anderen Hinsicht geeignet sein, zur Gesunderhaltung bzw. Rettung des fliegenden Personals beizutragen.

Zur Beurteilung technischer Einzelheiten ist meine Sachkenntnis z. Teil nicht ausreichend. Immerhin habe ich alle berührten Fragen bei zahlreichen Jagdverbänden mit den Flugzeugführern und insbesondere mit den Verbandsführern durchgesprochen, sodass das Vorgebrachte im Wesentlichen auch die Ansicht der im Reisebereich angetroffenen Frontflieger darstellt. Ich bin mir darüber klar, dass ein Reil der Vorschläge möglicherweise überholt oder technisch undurchführbar ist.

A.

Extremer Höhenflug in offener Kabine.

Über diesbezügliche Erfahrungen wurde in einem gesonderten Bericht vom 10. 2. 43 an Leitenden San.Offz. beim Höheren Jafü West gemeldet.

Fallschirmabsprung aus grossen Höhen.

Die Befragung der Flugzeugführer, die in grossen Höhen ausgestiegen sind, ergibt, dass sie alle sehr rasch nach Verlassen der Maschine den Schirm geöffnet haben. Ich habe keinen Einzigen getroffen, der sich freiwillig weiter als einige 100 Meter durchfallen liess. Dabei ist der Truppe die Anweisung, sich beim Absprung aus grossen Höhen zunächst durchfallen zu lassen, bekannt wie auch die Gründe, die dies ratsam erscheinen lassen.

Ernstere Zwischenfälle sind trotz dieses unrichtigen Verhaltens der Flugzeugführer bisher nicht erfolgt, und zwar nur deshalb nicht, weil die Absprunghöhen bisher 9000 m nicht überstiegen haben dürften (genau lässt sich die Absprunghöhe in den meisten Fällen nachträglich nicht feststellen). Selbst bei Luftkampf in 10-11000 m verliert die Maschine bis zum Aussteigen so viel an Höhe, dass der Schirm in praxi stets erst unterhalb 9000 m geöffnet wird. Ausserdem versucht der Flugzeugführer, bevor er aussteigt, zunächst alles Erdenkliche, um noch eine Landung bzw. eine Bauchlandung zu erreichen. Auch bei alten Flugzeugführer, die schon mehrfach Fallschirmabsprünge hinter sich haben, setzt der Entschluss zum Aussteigen die Überwindung starker Hemmung voraus.

Aus ähnlichen Gründen unterbleibt nun nach dem Verlassen der Maschine das Durchfallenlassen. Die ausserordentliche Erregung beim Aussteigen, gepaart mit der gespannten Erwartung, ob sich der Schirm nach Bedienung des Auslösegriffes öffnet, zwingt geradezu zum Handeln. Sogar die zur Abbremsung auf Fallgeschwindigkeit nötige Wartezeit wird oft nicht eingehalten, da die Zeitschätzung versagt. Der Flieger kann es nicht erwarten, sich bei geöffnetem Schirm in Sicherheit zu fühlen. Diese Handlungsweise ist zwar (zugegebenermassen) unrichtig, aber sehr verständlich.

Hinzu kommt, dass es sehr schwierig ist, am Fallschirm hängend die Entfernung vom Erdboden richtig einzuschätzen, sodass auch aus diesem Grund zu früh gezogen wird. Völlig unmöglich ist es, zu verlangen,

sich in Wolken bzw ohne Erdsicht durchfallen zu lassen. In diesem Falle wird stets jede Belehrung nutzlos sein, zumal die Flugzeugführer auch keine ungefähre Ahnung von den Fallzeiten aus grossen Höhen haben und diese stets weit unterschätzen. Keiner der Flugzeugführer, mit denen ich mich hierüber unterhielt, wollte glauben, dass man aus 12000 m in freien Fall über 4 Minuten bis zum Erreichen des Erdbodens bracht.

Wie erwähnt, ist das Problem des Durchfallenlassens augenblicklich zwar noch nicht vordringlich, es wurde mir nur ein einziger Zwischenfall bekannt (III / JG 2), wo noch nach der Fallschirmlandung (Absprung aus 8000 m, Schirm sofort geöffnet) Zeichen bzw. Nachwirkungen von Höhenkrankheit (Verwirrungsstatus) beobachtet wurden. Im allgemeinen wurde die glatte Landung durch die vorangehende Höhenkrankheit in keiner Weise beeinträchtigt. Nach Tierversuchen ist Nachwirkung ja auch nur nach vorherigem Atemstillstand zu erwarten. Hingegen wird beim Einsatz höherfliegender Maschinen (Höhensonderstaffeln etc.) die Frage des Durchfallenlassens sehr dringlich werden. Nach der Lage der Dinge ist nicht zu erwarten, dass die Flugzeugführer ohne geeignete Vorbereitung ihre Sacherichtig machen werden. Es wären hierfür 2 Voraussetzungen nötig.

1. Ein Höhenmesser, etwa an Stelle oder kombiniert mit dem an sich nicht sehr wichtigen Kompass an der Schwimmweste, der also beim Absprung mitgenommen wird. Das Gerät könnte ganz primitiv sein und müsste nur auf etwa 1000 mtr genau anzeigen. Der Flugzeugführer könnte das Gerät beim Flug gelegentlich auf richtige Anzeige kontrollieren, sodass er das nötige Zutrauen dazu bekäme. Mit diesem Höhenmesser könnte man verlangen, dass der Flieger sich auch durch Wolken etc. bis mindestens 5000 m durchfallen lässt.

2. Das fliegende Personal müsste durch Eigenerleben einmal davon überzeugt werden, dass man sich auch aus grosser Höhe durchfallen lassen kann, ohne Gefahr zu laufen, in Bewusstlosigkeit das Ziehen nachher zu versäumen. Belehrung führt hiebei allein nicht zum Ziel, da man nur durch persönliche Erfahrung eine Überzeugung gewinnen kann, die auch in kritischen Situationen mit starker Erregung wie beim Absprung

durchhält. Diese Belehrung mit Eigenerleben könnte durch U-Kammerzüge ohne Schwierigkeit durchgeführt, und würde wie alle ähnlichen "Lehruntersuchungen" eine starke Wirkung hinterlassen. Es wäre zu erwägen, den "Belehrungsabsprung" als integrierenden Bestandteil in die Sonderuntersuchung (j)" aufzunehmen und am Ende des Höheraufenthaltes anstelle des gewöhnlichen Abstieges durchzuführen.

C.

### Rettung aus Seenot.

Die augenblicklichen, von den Verbänden als sehr gering empfundenen Erfolge der Seenotrettung sind nicht durch das Fehlen geeigneter ärztlicher Massnahmen nach der Bergung, sondern durch die z. Zeit am Kanal herrschende Luftlage und das (teilweise hiedurch bedingte) schlechte Ergebnis der Seenotsuche bedingt. Im Folgenden werden einige Verbesserungsmöglichkeiten aufgezeigt und diesbezügliche Vorschläge unterbreitet.

#### I. Verlängerung der Überlebenaussichten von in Seenot Geratenen.

Der Tod im Wasser erfolgt in der Regel durch primäres Erstarren (Aufhören der Abwehrbewegungen) und anschliessendes Ertrinken, indem der Erstarrende dem meist herrschenden Seegang unterliegt.

1.) Es ist bekannt, dass man unbekleidet schneller auskühlt als bekleidet. In diesem Sinne ist es nachteilig, dass beim Verlassen der Maschine mitunter die Pelzstiefel durch den Fahrtwind abgezogen werden, da sie an der Hose nicht befestigt sind. Mit den Pelzstiefeln wird häufig auch die Signalmunition verloren.

a) Es müsste daher der Pelzstiefel durch eine geeignete Schlaufe an der Kanalhose (Heizstiefel sind es schon) befestigt werden. Diese Befestigungsmöglichkeit müsste vorgesehen werden.

b) Solange dies nicht der Fall ist, soll die Signalmunition keinesfalls im Pelzstiefel getragen, sondern mittels Riemen bzw. Gummiband am Bein oder in einer Tasche der Kanalhose getragen werden, damit sie beim Verlust des Stiefels nicht mit verloren geht.

c) Einzelne Flugzeugführer würden auf die Pelzstiefel

gerne zu Gunsten einer unten zugebundenen Gebirgsjägerhose mit hohen Schuhen verzichten. Es wäre zu überlegen, ob eine solche Bekleidung nicht überhaupt zweckmäßiger wäre, da sehr tiefe Temperaturen in modernen Jagdflugzeugen im Allgemeinen nicht auftreten. (Gegenargument Fallschirm-Absprung.)

2.) Das sich "Überwasserhalten" ohne Schlauchboot, also lediglich mit Schwimmweste, ist bei Seegang sehr schwierig. Es ist ein Fall bekannt, wo sich ein Schwimmer sehr lange Zeit trotz Seegang über Wasser halten konnte dadurch, dass er sich die in der Schwimmweste treibende Leiche eines Kameraden gegen den Seegang vorhielt bzw. sich hinter ihr deckte.

Sofern man für solche Fälle, wo das Schlauchboot nicht bestiegen werden kann, etwas tun will (hängt wohl von der Häufigkeit dieses Ereignisses ab), käme die Anbringung eines durchsichtigen Gesichtsschutzes, etwa wie bei Motoradfahrern gegen Regen bekannt, hier gegen Wellenschlag in Frage. Noch wirkungsvoller wäre es vielleicht, einen aufblasbaren Schwimmbeutel vorzusehen, auf welchem der Flugzeugführer in der Maschine sitzt. Dieser Schwimmbeutel könnte seitlich (also dort wo man nicht auf ihm sitzt) Behälter für Seenotproviant, Rauch- und Leuchtpatronen, Farbbeutel etc. haben. Im Wasser könnte er hervorgeholt und aufgeblasen werden, vor dem Schwimmer im Wasser treibend, ihm als Stütze für die Arme, als Wellenbrecher und als Einsteigehilfe für das Schlauchboot dienen. Im Falle einer Schussverletzung von Schwimmweste und Schlauchboot wäre so noch ein Gegenstand mit Auftrieb vorhanden. Der Schwimmbeutel, würde verhindern dass man durch den Auftrieb des Nackenteils der Schwimmweste nach vorne gedrückt wird, würde unaufgeblasen kaum stören und die Unterbringung von Seenotproviant, Leuchtmunition etc. wäre endlich geregelt. Ausserdem müssten diese Dinge dann nicht wie jetzt immer mit herumgetragen werden, sondern würden erst beim Besteigen der Maschine zugleich mit Schlauchboot und Fallschirm angelegt.

3.) Vereinzelt wird noch die unförmliche Kapokschwimmweste aus Angst vor Schussverletzung der aufblasbaren Schwimmweste getragen. Es wäre zu überlegen, ob man nicht eine geeignete Abdichtungsvorrichtung für eine durchschossene Luftschwimmweste (Klemme etc.) mitgeben könnte (evtl. im Schwimmsack.).

4.) Das z.Zt. vorhandene Einmannschlauchboot wird im Vergleich zum englischen noch als unvollkommen bezeichnet (im Einzelnen schon lange bekannt). Ausserdem scheint es schwierig zu sein, bei Seegang darin das Gleichgewicht zu halten, sodass bei zunehmender Kältewirkung und Erstarrung mit Umkippen des Schlauchbootes gerechnet werden muss. Vielleicht könnte die Stabilität des Schlauchbootes durch Tieferlegen des Schwerpunktes verbessert werden.

Angeblich soll das Schlauchboot beim Einsteigen durch Stiefelabsätze leicht beschädigt werden. Man könnte dies durch Abrunden der Absatzecken am Fliegerstiefel vermeiden. Die Engländer sollen ausserdem ein Klebzeug für solche Fälle bei sich haben. Ferner wird ein zweiter (Reserve-) Stöpsel für den Aufblasschlauch gefordert (für den Fall, dass der erste verloren geht).

Das Schlauchboot hängt nach Sprengung der Hülle beim Aufblasen nur mehr durch die Flasche am Schwimmernden. Der Schlauch soll hierbei mehrfach von der Tülle abgezogen bzw., da angescheuert (scharfer Schlauchtüllenrand), abgerissen worden sein. In diesem Falle macht sich das Boot selbstständig und treibt ab. Es wäre zu erwägen, ob man das Boot nicht noch durch eine Sicherungsleine an der Hülle befestigen will.

## II. Verbesserung der Auffindungsaussichten.

Die Praxis hat ergeben, dass die meisten der nicht geretteten Seenotfälle überhaupt nicht gefunden bzw. wieder aus den Augen verloren wurden.

Die Ursachen hierfür liegen einmal darin, dass der Jagdflieger im Allgemeinen sich seines genauen Standortes beim Feindflug über See nicht bewusst ist. Er ist daher nicht in der Lage, vor dem Verlassen der Maschine über See eine genaue Standortmeldung durch Funksprech durchzugeben, auch wenn dies techn. noch möglich wäre. Sofern er nun allein fliegt und der Fallschirmabsprung nicht gleich von Kameraden bemerkt wird, ist mangels genauer Standortangabe seine Auffindung ausserordentlich erschwert bzw. in weiten Seegebieten (Bretagne) oft geradezu unmöglich.

Aber auch wenn der eintretende Seenotfall von Kameraden bemerkt wird, ist die Festlegung des

Standortes durch Jagdmaschinen schwierig. In der Regel ist es der Begleitmaschine nicht möglich, an der Stelle zu bleiben, bis das Seenotfahrzeug oder Ablösung ankommt. Die abfliegende Begleitmaschine hat z.Zt. aber keine Möglichkeit, die Seenotstelle zum Zwecke leichterer Wiederfindung kenntlich zu machen. Sie kann nur mit den dem Jagdflieger möglichen primitiven Orientierungsmitteln den ungefähren Standort bestimmen und nach der Landung bekanntgeben. Sehr oft hat sich dieser als falsch herausgestellt.

Selbst wenn nun der im Wasser Treibende von Flugzeugen gefunden oder wieder-gefunden ist (es kommen hierfür wieder praktisch nur Jagdflugzeuge in Frage, da der Einsatz von wehrlosen Führungshaltern am Kanal z.Zt. zu riskant ist), ist die Auffindung durch das Seenotboot schwierig und daher oft misslungen. Es wird berichtet, dass die Boote mehrfach trotz Einweisung durch Flugzeuge ganz nahe am Seenotfall vorbeifahren ohne ihn aufzufinden. Für jeden, der einmal bei Seegang einen Gegenstand im Wasser vom Schiff aus gesucht hat, ist dieses ohne weiteres verständlich.

Der Farbfleck z.B. ist wohl gut vom Flugzeug aus, nicht aber gut vom Schiff aus zu sehen. Der im Wasser Treibende kann sich zwar, wenn er noch nicht erstarrt ist, dem Seenotboot durch Flaggensignal, Schiessen von Leuchtmunition und durch Rauchzeichen zu erkennen geben. Tatsache ist jedoch, dass trotzdem oft kein Erfolg erzielt wird. Insbesondere die Leuchtmunition wirkt nur wenige Augenblicke und kann so übersehen werden. Zum Hissen und Schwenken der Flagge gehört relativ noch viel Kraft und Beweglichkeit. Die neue Fallschirmleuchtmunition ist nur in weiss vorhanden. Weiss ist am Wasser schlecht zu sehen, rot wäre besser.

Die vorhandenen Rauchstäbe, die an Stelle der Fahne mitgenommen werden können, brennen nur sehr kurze Zeit (etwa 3 Min.) und werden oft zu früh abgebrannt, was psychologisch verständlich ist. Der Hauptnachteil aller dieser Seenotsignalmittel ist aber der, dass sie Bewegungsfähigkeit des Fliegens voraus- setzen und dass ihre Mitnahme in ausreichtender Menge durch Gewicht und Bewegungsbehinderung beschränkt ist.

Ausgangspunkt für jeden diesbezüglichen Verbesserungsvorschlag ist, dass die bisher benutzten und bewährten Erkennungs- und Signalmittel quantitativ (auch an Wirkzeit) nicht ausreichen, dass andererseits aber die Mitnahme grösserer Mengen den Flugzeugführer zu stark belasten würde und daher nicht durchführbar ist. Schon mit den heute vorgeschriebenen bzw. vorgesehenen Seenotmitteln ist die Bepackungsgrenze des Flugzeugführers mindestens erreicht. Seine Bewegungsfähigkeit in der vorschriftsmässig beschickten Kanalhose ist zu "Lande" ohnedies schon stark eingeengt. Ein ideales Signalmittel darf den Flugzeugführer also nicht weiter belasten, als dies heute schon der Fall ist. Es muss ferner vom Flugzeug und Schiff aus gut erkennbar sein, möglichst schon auf grosse Entfernungen, es muss unabhängig vom Zustand des im Wasser Schwimmenden und ununterbrochen über mehrere Stunden hin wirken.

Als geeignetes Signalmittel kämen Funk, Farbe (nur für Flugzeuge), Rauch, nachts Licht in Frage. Sie müssten im Bauch des Flugzeuges in einer Boje untergebracht sein, die an einem kleinen Fallschirm beim Aussteigen automatisch herausfällt. Platz im Flugzeug für diese Seenotboje wäre genügend vorhanden. Da die Einrichtung nur für an Kästen operierende Jagdflugzeuge in Frage kommt und andernfalls ausgebaut werden kann, könnte das geringe Mehrgewicht einer derartigen Signalboje in Kauf genommen werden. Die Maschine trägt das Signalmittel jedenfalls leichter als heute der Flugzeugführer.

Die Sinkgeschwindigkeit der Signalboje am Schirm müsste der des Piloten angepasst sein, sodass die Boje neben diesem ins Wasser fällt. Geringe Abweichungen würden die Wirkung noch nicht aufheben. Mit dieser Anordnung würde man heute noch im Wesentlichen ans Ziel kommen, da alle Flugzeugführer nach ihren Aussagen sich beim Fallschirmabsprung nicht durchfallen lassen, sondern sofort ziehen.

Die Tätigkeit des Signalmittels müsste durch Berühren mit dem Wasser etc. ausgelöst werden. Mit Hilfe der Signalboje müsste man Rauch für wenigstens 1 Stunde statt wie bisher für nur 3 Minuten und Licht für eine ganze Nacht erzeugen können. Eine gefärbte Rauchfahne wird an Tagen mit Einsatzwetter für Jagdflugzeuge weithin, sowohl von Flugzeug als auch vom Boot aus, zu sehen sein.

Wenn man nun dafür sorgt, dass die Auslösung auch ohne Kabinenabwurf möglich ist, dann können sich die Maschinen der Kameraden, bzw. die zur Suche eingesetzten Flugzeuge auch ihrerseits noch durch Absetzen ihrer Signalboje an der Kenntlichmachung des Seenotfalles beteiligen, was heute, wie oben erwähnt, nicht möglich ist.

Bei Verwendung eines Funkgerätes, etwa eines Kurzwellen-Gerätes, das von den an der Küste zahlreich vorhandenen Adkok-Peilern und auch von Seenotfahrzeugen direkt angepeilt werden könnte, bestünde die Möglichkeit, den nach Art eines Regenschirmes ausgebildeten Fallschirm nach Abbrennen oder sonstigem Entfernen des Tuches als Schirmantenne zu verwenden (Entfernen des Tuches, damit Abtreiben vermieden und Abstrahlung der Funkenergie gebessert). Theoretisch ist diese Aufgabe nach Ansicht der Funkfachleute, mit denen ich sprach, jedenfalls ohne weiteres lösbar. Die Herstellung der geringen erforderlichen Stückzahl müsste sich wohl auch durchsetzen lassen. Man muss bei derartigen Überlegungen sich immer vor Augen halten, dass beinahe jeder ältere Flugzeugführer heute sein Leben dem Funktionieren irgend eines Rettungsgerätes verdankt.

Die Anbringung einer derartigen Seenotboje am Jagdflugzeug hätte folgende Vorteile:

- a) sofortige Kennzeichnung des ungefähren Standortes eines Seenotfalles ohne Zutun des Flugzeugführers
- b) keine gewichtsmässige und sonstige Behinderung desselben
- c) deutliche und langdauernde Signalwirkung
- d) Funktion unabhängig vom Zustand und der Handlungsfähigkeit des im Wasser Treibenden

e) Beteiligungsmöglichkeit anderer Jagdflugzeuge an der Sichtbarmachung, entweder sofort oder nach Wiederauffindung des Seenotfalls.

Als Sorortmassnahme liesse sich auf alle Fälle folgendes durchführen: Jede grössere Jagdeinheit besitzt Maschinen, die zum Bombenabwurf bzw. zur Anbringung eines abwerfbaren Zusatztanks ausgerüstet sind. Man kann nun schwere Rauchbojen (mit mehrstündiger Rauchdauer) in Form einer 500 kg. Bombe bzw. eines Zusatztanks anfertigen und für die Seenotsuche ganz oder teilweise Maschinen mit Abwurfeinrichtungen und mit solchen Rauchbojen ( gegen Abend evtl. auch mit Leuchtbojen) einsetzen. Irgendwelche Änderungen an der Maschine wären hierzu nicht erforderlich. Mit Hilfe der Zielvorrichtung liesse sich so eine Rauchboje in unmittelbarer Nähe (Lee!) des Seenotfalles ins Wasser setzen, um dem Seenotfahrzeug die Auffindung zu erleichtern.

Nach einer Anregung von Hpt. Stolle, einem Staffelkapitän mit viel Seeflugerfahrung, könnte auf diese Art auch ein einem zweiteiligen Behälter ähnlich einem Zusatztank ein grosses Schlauchboot ( leicht aufgeblasen) mit Decken etc. abgeworfen werden. Der Behälter wird durch ein Blechband zusammengehalten, um beim Abwurf nach Lösung des Bandes auseinanderzufallen. Derartige Behälter liessen sich sogar auf fast jedem Horst mit werfteigenen Mittel herstellen. Inzwischen wurde mir berichtet, dass ein derartiger Schlauchbootbehälter von der 8/Staffel J.G. 2 hergestellt und mit Erfolg zur Rettung eines Kameraden auch schon abgeworfen wurde ( in diesem Falle durch Seenotstorch). Auch die Herstellung der grossen Rauchbomben dürfte keine Schwierigkeiten machen.

Bei späten Tageseinsätzen erstreckt sich die Seenotsuche notgedrungen Weise bis in die Dunkelheit. In der Regel sind Seenotfälle, die bis Abend nicht geborgen werden, verloren. Die nächtlichen Seenotsuche ist aber ausserordentlich schwierig, da die Reflexion des Scheinwerferlichtes durch Wellenkämme etc. täuscht und die Auffindung erschwert. In solchen Fällen müssten an Stelle von Rauchbojen Leuchtbojen ( ebenfalls von Jagdflugzeugen wie Bomben abwerfbar) Verwendung finden.

Zur Erleichterung der Auffindung des Schlauchbootes bzw. des Schwimmenden selbst könnte ein Leuchtfarbenanstrich von Schlauchboot und oberen Schwimmwestenteilen bzw. auch das Tragen einer mit Leuchtfarbe imprägnierten Kopfbedeckung dienen ( evtl. in Kombination mit entsprechendem Scheinwerferlicht.)

Schliesslich sei noch darauf hingewiesen, dass einzelne Flugzeugführer (FW 190) an Stelle des kleinen Ergänzungskissens unter dem Rückenfallschirm zwei zusätzliche Farbbeutel angebracht haben. Es wäre zu prüfen, ob sich diese Massnahme verallgemeinern liesse, da die Farbbeutel sich für Sicht von oben zehr gut bewährt haben und eine Erhöhung der Farbmenge wünschenswert wäre.

Eine Hauptursache für die zwischen fliegenden Verbänden und dem Seenotdienst herrschende Misstimmung ( für das, was ich bei einigen Verbänden erlebt habe, ist dieser Ausdruck zu milde) liegt darin, dass beide sich, ihre Schwierigkeiten und Wünsche zu wenig kennen. Es wäre jedoch im Interesse einer erfolgreichen Tätigkeit des Seenotdienstes sehr erwünscht, eine Zusammenarbeit der entsprechenden, insbesondere örtlichen Kommandostellen zu erreichen. Vom Jagdflieger aus ist eine diesbezügliche Zurückhaltung eher zu verstehen, denn er lehnt es aus einer an sich gesunden Einstellung heraus ab, allzusehr um sein Leben besorgt zu sein. Vielleicht wäre es möglich, den erwünschten Konnex über die San. Offz. beim Seenotdienst und beim fliegenden Verband einzuleiten, denn die Sorge um nicht heimgekehrte Besatzungen und diesbezügliche Bemühungen lägen nicht abseits des fliegerärztlichen Tätigkeitsbereiches.

D.

#### Unfälle durch Aufschlag auf Leitwerksteile beim Aussteigen.

In letzter Zeit sind in gehäufter Zahl Unfälle dadurch entstanden, dass Flugzeugführer beim Aussteigen aus Jagdmaschinen gegen Leitwerksteile geschleudert und hierbei verletzt wurden. Allein bei III./ J.G. 2 wurden in kurzer Zeit 5 derartige Fälle, einer davon mit tödlichen Ausgang beobachtet. Vom Truppenarzt I./J.G. 27 wurde berichtet, dass Hauptmann Marseille ebenfalls durch Aufprall auf die Flosse des Seitenleitwerks getötet wurde bzw. durch die beim Aufprall entstandene Bewusstlosigkeit am Öffnen des Fallschirmes gehindert wurde. Als einer für viele sei ein

Unglücksfall mit tödlichem Ausgang geschildert, der bei III./J.G.2. sich ereignete. Flugzeugführer Oblt. P r o b s t hatte sich nach Feindberührung verfranzt und musste wegen Spritmangel über Land aussteigen. Er wurde nach Baumlandung im geöffnetem Fallschirm hängend tot mit Verletzungen (mehrfache Wirbelsäulen und Schädelbrüche) vorgefunden, welche unmöglich durch die Fallschirmlandung eingetreten sein konnten. Die Verletzungen mussten durch Zusammenprall mit dem Leitwerk entstanden sein, was umso verständlicher ist, als, wie die Sektion zeigte, ein Schulterschuss vorlag, der das Aussteigen behindern musste. Der Schirm wurde entweder noch vor eingetretener Bewusstlosigkeit gezogen oder hat sich durch Berührung mit der Maschine geöffnet. Ein anderer Flugzeugführer, dessen Absturz ich selbst erlebte, kam mit Rippenbruch und Meniskusverletzung davon.

Fast alle Truppenärzte, mit denen ich sprach, wussten ausserdem von ähnlichen Fällen in ihrem Wirkunsbereich zu erzählen. Unter anderem sind auch Unterschenkel durch Einhaken der Kniee am Höhenleitwerk abgerissen worden. Verletzungen durch Aufprall auf Leitwerksteile müssen zurzeit als h ä u f i g e r und t y p i s c h e r Unfallsvorgang bezeichnet werden.

Die Befragung der Flugzeugführer, welche beim Aussteigen in Kollision mit dem Leitwerk gerieten, ergab, dass es offenbar dann, wenn die Maschine bei viel Fahrt verlassen werden muss, infolge des enormen Staudruckes nach Abwerfen des Kabinendaches nicht möglich war, willkürlich in einer Richtung auszusteigen, die einen Zusammenprall mit dem Leitwerk vermeidet. Man wird noch vor dem Verlassen der Kabine vom Luftzug erfasst und nach rückwärts gezogen.

Ohne Zweifel liegen die Verhältnisse beim Muster FW 190 u n g ü n s t i g e r, als beim Muster Bf 109 insofern, als bei FW 190 das ganze Kabinendach abgeworfen wird, während bei der Bf 109 rückwärts ein ziemlich grosser Sporn stehen bleibt, der vor sich einen Stau aufwirft. In Schutze dieses Stau's kann sich der Aussteigende höher erheben, ohne vom Luftzug nach hinten gerissen zu werden. Die relative Höhe der Flosse des Seitenleitwerks über der staugeschützten Ebene ist demnach bei der FW 190 grösser als bei der Bf 109. Es ist also bei der FW 190 schwerer, über das Leitwerk

hochzukommen bzw. sich seitlich abzusetzen. So ist es auch erklärlich, dass Unfälle dieser Art nach der Umrüstung auf FW 190 häufiger wurden. Es ist nach den bei den Frontflugverbänden gemachten Erfahrungen leider mit weiteren Unfällen dieser Art zu rechnen.

Beim Besuch der Verbände beschäftigte ich mich mit den Möglichkeiten, diese Unfälle zu verhüten und lege in folgendem meine Ergebnisse vor:

I. Die Tatsache, dass ein Aussteigen auch ohne Verletzungen möglich ist, beweist, dass bei richtigem Verhalten Verletzungen nicht unvermeidlich sind.

Über die Art dieses Verhaltens herrscht allerdings bei den Flugzeugführern keine Einigkeit.

a) Man empfiehlt, die Maschine auszuhungern und bei möglichst wenig Fahrt auszusteigen, dabei anzudrücken, um herausgehoben zu werden.

b) Andere wollen Ziehen, damit das Leitwerk abwärts geht.

c) Wieder andere befürworten, die Maschine auf den Rücken zu legen (halbe Rolle) und sich herausfallen zu lassen. Hierbei fällt man, wenn man Beschleunigungen vermeidet, in den Winkel, zwischen Höhen- und Seitenleitwerk. Seitlich auszusteigen scheint bei der FW 190 mit Rücksicht auf das Fehlen eines Stauschutzes rückwärts schwer möglich zu sein.

d) Dafür wird vorgeschlagen, sich vorher umzudrehen und mit dem Gesicht nach rückwärts auszuspringen, um evtl. durch die vorgehaltenen Hände den Aufprall zu mildern (!).

e) Wieder andere behaupten, dass Aussteigen bei viel Fahrt ohne besondere Massnahmen zum Ziel führt. Jedenfalls fehlt zur Zeit eine klare Anweisung über ein empfehlenswertes Verhalten beim Verlassen der Maschine.

Nachdem ich die Frage mit zahlreichen Flugzeugführern verschiedener Verbände und auch mit Werkfliegern durchgesprochen habe, schiene mir folgende Verhal -

t e n r i c h t i g zu sein.

- a) Fahrt mässig herausnehmen,
- b) Maschine kopflastig trimmen,  
durch Ziehen am Knüppel ausgleichen,
- c) Losschnallen, Kabine abwerfen,  
auf den Sitz klettern,
- d) Knüppel auslassen evtl. mit dem Fuss  
nach vorne stossen und aussteigen.

Bei diesem Verhalten wird die Maschine unmittelbar vor dem Aussteigen auf den Kopf gehen und der Flugzeugführer wird durch die auftretenden Zentrifugalkräfte nach oben herausgeschleudert. Es wäre falsch, anzunehmen, dass durch Anstieg des Schwanzendes hierbei die zu Überwindende Höhe vergrössert würde, denn das Aussteigen erfolgt bei jeder Fluglage immer in derselben Richtung zur Flugzeuglängsachse und damit zum Luftstrom, der bei annähernd normaler Fluglage (ausgenommen Flachtrudeln) immer mit der Flugzeuglängsachse zusammenfällt. Die auftretenden Zentrifugalkräfte sind wesentlich grösser als z.B. das Eigen-  
gewicht beim Herausfallenlassen im Rückenflug. Ausserdem erfordert letzterer eine einigermassen manövrierfähige Maschine und Übung, sodass diese Methode für einheitliche Anwendung vielleicht weniger empfohlen werden kann. Wenn schon Rückenflug, dann sollte auch hier kopflastig getrimmt und der Knüppel dann nach vorne gedrückt werden, um so die Schwerkraft durch Zentrifugalbeschleunigung zu unterstützen und sicher vom Leitwerk freizukommen. Es ist allerdings damit zu rechnen, dass die Maschine im Rückenflug sehr viel Fahrt aufnimmt.

Aussteigen bei normaler Fluglage mit gleichzeitigem Drücken scheint sich bewährt zu haben, denn einige erfahrene Flugzeugführer sind mit Hilfe dieser Methode schon mehrfach gut aus der Maschine herausgekommen und hoch über das Leitwerk emporgetragen worden, sodass dieses Vergehen allgemeine Empfehlung verdienen dürfte. Von lll/J 9.2 in Vanner wurden entsprechend meiner Anregung mehrere Absprünge in dieser Weise durchgeführt. Die Flugzeugführer wurden beim Loslassen des Knüppels weit über das Leitwerk nach oben hinausgetragen und sind tadellos freigekommen (Unteroffizier Scherer, 7te Staffel, und Unteroffizier Hennig 1st Staffel, und andere.)

II. Es gibt jedoch zahlreiche Situationen, wo ein derartiges Verhalten alleine nicht zum Ziele führt, z.B. bei steuerunfähiger Maschine, bei nicht mehr abzufangendem Sturzflug bzw. immer dann, wenn man ohne Vorbereitungen (Brand) sofort heraus muss.

Ich schlage vor, zu untersuchen, ob man hierfür nicht eine Absprennung des gesamten Rumpfes bzw. wenigstens des Leitwerks vorsehen könnte. Das Aussteigen könnte dann so vor sich gehen, dass z.B. bei FW 190 der erste Druck auf den Abwurfhebel die Kabine entfernt und ein zweiter Druck unmittelbar vor dem Aussteigen das Leitwerk absetzt.

Die technische Durchführbarkeit dieses Vorschlages entzieht sich meiner Beurteilung. Es ist aber anzunehmen, dass die Stabilität der Maschine auch ohne Leitwerk für Augenblicke erhalten bliebe, wenn, dann, würde die Maschine höchstens auf den Kopf gehen, wobei in ihrer Richtung günstigste Zentrifugalkräfte auftreten würden. Die Beschuss-sicherheit derartiger Sprengkörper ist angeblich gross genug. Vielleicht wäre es nicht einmal nötig, eine eigene Trennebene mit Sprengbolzen einzuführen, sondern würde es genügen, grössere Sprengladungen an geeigneter Stelle des Rumpfes einzubauen. Man könnte dies durch Versuche an alten Flugzeug-rümpfen feststellen. Eine solche Ausführung hätte den Vorteil, dass an der Zelle keine Änderungen vorgenommen werden müssten.

Die Absprennung des Leitwerkes, hier insbesondere der Flosse des Seitenleitwerks wäre aber auch dann noch vorteilhaft, wenn das Freikommen aus Maschinen durch Einbau eines Katapultsitzes erleichtert würde. Die Schwierigkeiten des Katapultsitzes liegen nämlich u.a. gerade darin, dass die zum Überschleudern des Leitwerks nötigen Beschleunigungen sehr erheblich sind, da die bei hohen Staudrücken erforderliche Endgeschwindigkeit auf sehr kurzem Wege erreicht werden muss. Die vorherige Absprennung aufragender Leitwerksteile würde die erforderlichen Stossbeschleunigungen wesentlich verringern und das Katapultieren erleichtern.

III. Bei diesser Gelegenheit möchte ich auf eine Katapultierungs-möglichkeit hinweisen, die vom flugmedizinischem

Standpunkt aus und möglicherweise auch sonst einige Vorteile hätte. Die Nachteile des bisher für Jagdflugzeuge in Entwicklung begriffenen Katapultsitzes sind, soweit mir bekannt, folgende:

- a) hohe Stossbeschleunigungen bis an die Bruchgrenze der Wirbelsäule (letzteres insbesondere für den Fall einer weiteren Steigerung der Fluggeschwindigkeiten).
- b) hohe Beschleunigungsenergien (bei Pressluft auch eine Gewichtsfrage) wegen hohen Gewichtes der zu beschleunigenden Teile (Panzersitz etc.)
- c) Gefahr von Beinverletzungen, da die Abschleuderung bei im Hüftgelenk gebeugten Beinen stattfindet, wobei diese unter Umständen nicht rechtzeitig zurückgezogen werden.
- d) Notwendigkeit, sich nach Beendigung des Abschleuderungsvorganges und nach Möglichkeit noch vor dem Ziehen des Schirmes vom mitgeschleuderten Katapultsitz zu befreien. Der anhaftende Katapultsitz kann sowohl bei vorzeitigem Ziehen des Schirmes als auch bei Absprung aus geringen Flughöhen Schwierigkeiten machen bzw. zu Unfällen führen.

Die Idee, die dem nachfolgend geschilderten Abschleuderungsvorgang zu Grunde liegt, ist die, den Flugzeugführer nicht im Sitz und mit diesem herauszuschleusen, sondern ihn durch eine geeignete Vorrichtung unter Verwendung der Fallschirmgurten nach oben über das Leitwerk herauszuheben.

Zu diesem Zwecke müsste etwa ein mit Vorteil in zwei Arme gegabelter Hebel (1) (s. Skizze) von hinten kommend --- Drehpunkt (2) etwa 1, 5 bis 2 mtr hinter dem Führersitz -- in die Fallschirmgurte, am besten in zwei am Schild des Rückenfallschirmes seitlich angebrachte Dorne (3) eingreifen und bei Auslösung des Vorganges den Flugzeugführer mit massiger Beschleunigung in der Fallschirmbegurtung wie eine Riesenhand nach oben rückwärts herausheben. Die Führung des Abgeschleuderten würde nach dem Prinzip des Bombenabweisers bis über die Leitwerkshöhe zwangsweise erfolgen, d.h. der Pilot kann unter keinen Umständen mit Flugzeugteilen in Berührung kommen. Mit fortschreitender Winkelbewegung des Hebels (1) gegen 90° würde der Pilot (auch infolge Bremsung der Bewegung des Hebels (1) durch den Staudruck und die erreichte Geschwindigkeit selbsttätig nach hinten aus den Angeln (4) des Hebels (1) gelöst werden und freikommen. Er wäre sofort frei, ein Losschnallen vom Sitz etc. würde fortfallen. (Besonders wertvoll bei niederen Flughöhen).

Die hebende Kraft des Hebels würde nach dem Herausheben des Piloten aus der Kabine durch den auftretenden Staudruck noch unterstützt werden. Die nötigen Beschleunigungskräfte wären also geringfügig, auch deshalb, weil die Kraft (je nach Länge des Hebels) nahe oder ganz bis zur Überschreitung der Leitwerkshöhe wirken würde, somit nur geringe Endgeschwindigkeiten erforderlich wären, zu deren Erzielung ein langer Beschleunigungsweg zur Verfügung stünde. Mithin könnten mit diesem Mechanismus Abschleuderungen auch bei weiterer Steigerung der Fluggeschwindigkeit ohne Gefahr für die tragenden Skeletteile erfolgen.

Hinzu käme, dass die Kraft des Hebels über die Fallschirmgurte direkt am Hüftgürtel angreifen würde, sodass die Beine infolge ihrer Trägheit zurück-blieben und der Pilot der Länge nach und mit gestreckten Beinen aus der Kabine herausgezogen würde. Eine ernste Verletzung der Beine wäre hiedurch von vorneherein ausgeschlossen.

Durch entsprechende konstruktive Entwicklung liesse es sich ausserdem erreichen, dass die Dornen des Fallschirmschildes in dem in Ruhelage fixierten Katapulthebel bzw. in dessen Angeln nach allen Richtungen hin verankert sind. Hierdurch würde eine gesonderte Anschnallung erübrigt, ohne dass die Beweglichkeit des Flugzeugführers, die in Jagdmaschinen ohnedies nicht sehr gross sein kann, behindert wäre. An sich würde eine Befestigung des Flugzeugführers durch die Fallschirmgurte eine ideale Art des Anschnallens darstellen und für alle Zwecke vollauf genügen. Gleichzeitig wäre auf diese Weise die Möglichkeit einer Verletzung durch Auslösung des Katapulthebels in angeschnalltem Zustand ausgeschlossen.

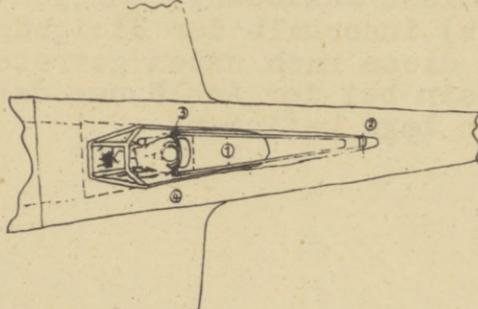
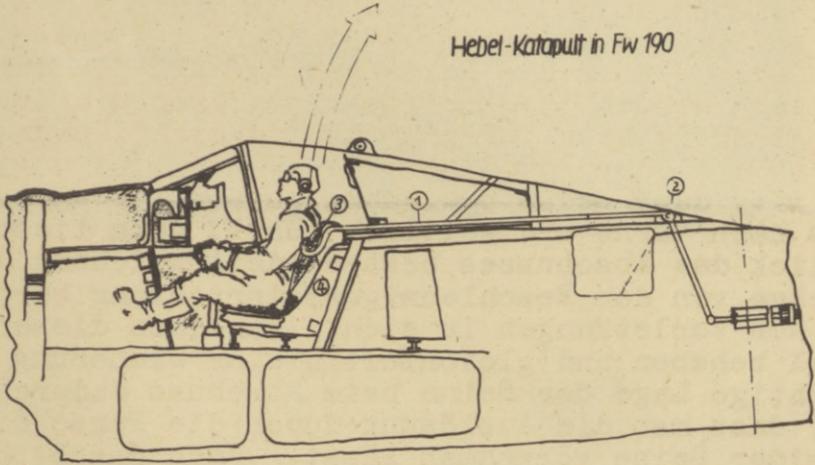
Es ist klar, dass eine derartige Abschleuderungseinrichtung nicht nur sicherer, sondern für den Flugzeugführer auch wesentlich angenehmer wäre, abgesehen von oben erwähnten flugmedizinischen Gesichtspunkten, die eine Herabsetzung der angewendeten Beschleunigung im Interesse des Skelettsystems fordern müssten. Denn es ist zweifellos zu erwarten, dass bei Anwendung von so hohen Stossbeschleunigungen, wie diese beim bisher projektierten Katapultsitz auftreten müssen, durch ungeschickte Haltung bzw. mangelhafte Muskelspannung beim Abschliessen Stauchverletzungen der Wirbelsäule auftreten werden.

Einige technische Schwierigkeiten dürfte der glatte Einbau des Katapulthebels bei Flugzeugen vom Typ der Bf 109 insofern machen, als hierzu eine neue Formgebung der hinter der Kabine liegenden Spanten und damit wesentliche Änderungen an der Zelle notwendig werden können. Hingegen wird es möglich sein, bei der FW 190 den Hebel

noch innerhalb des Kabinendaches, also ohne weitere Einbauschwierigkeiten unterzubringen. Dieses Muster würde sich schon wegen des dort verwendeten Rückenfallschirmes bevorzugt zum Einbau eines "Hebelkatapultes" eignen.

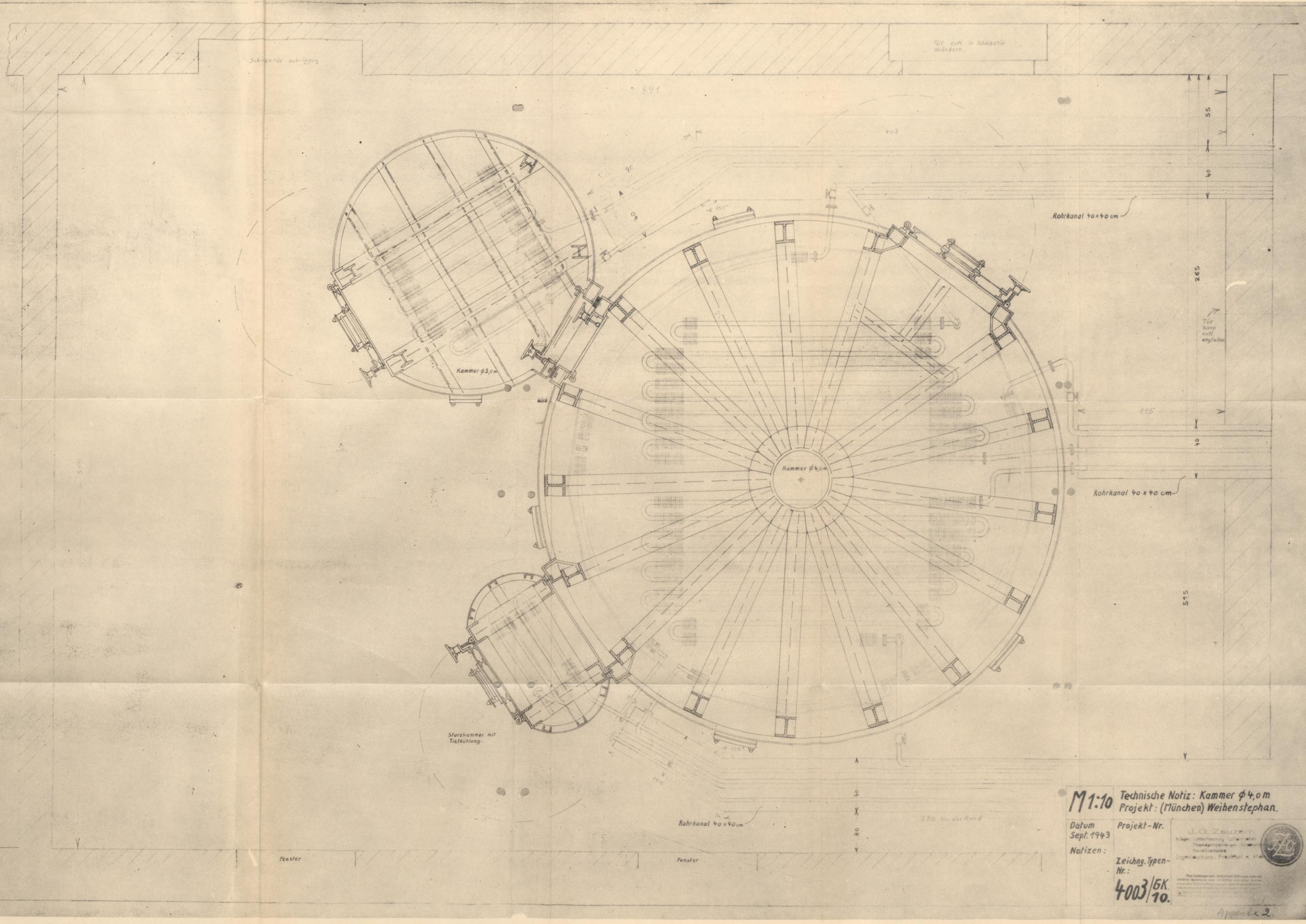
IV. Bei Verwendung eines Sitzkatapultes bisheriger Konstruktion besteht die Gefahr, dass vor der Abschleuderung vergessen wird, die Beine aus den Seitenruderpedalen zurückzuziehen und mit den Füßen in die für sie vorgesehenen, am Sitz angebrachten Steigbügel zu treten. In diesem Falle würden die Beine bei der Abschleuderung weggerissen werden. Eine Sicherung hiegegen dürfte undedingt nötig sein. Ferner ist es nicht erwünscht, wenn der Hebel zur Betätigung des Katapultes so angebracht ist, dass seine Bedienung zu einer Beugung des Rumpfes nach vorne und seitlich führt, denn diese im Augenblick des Abschusses bestehende Abweichung der Rumpfachse von der Beschleunigungseinrichtung birgt die Gefahr von Verletzungen in sich. Man kann diesen Nachteil beheben und gleichzeitig eine Sicherung für die richtige Lage der Beine beim Abschuss dadurch erzielen, dass man die Auslösung durch die Ferse eines oder beider Beine vornehmen lässt. Wenn das Betätigungsorgan für diese Auslösung (ähnlich einem Fussknopf für Autostarter) innerhalb der Steigbügelöffnung liegt und durch diese nach unten getreten werden muss, dann muss das Bein bei der Auslösung des Abschusses sich in der richtigen Lage befinden.

Hebel-Katapult in Fw 190



APPENDIX 2

to Major Leo Alexander's report  
on "Miscellaneous Aviation Medical Matters"



**M1:10** Technische Notiz: Kammer  $\phi 4,0m$   
 Projekt: (München) Weihenstephan.

Datum  
 Sept. 1943  
 Notizen:

Zeichng. Typen-  
 Nr.:  
**4003/5K/10.**

**J.O. Zeuzem**  
 Architekt  
 Luftkühlung, Lüftung, Heizung  
 Planung, Ausführung  
 Ingenieurbüro: Frankfurt a. M.



THE STATE OF NEW YORK

IN SENATE

January 1, 1900

REPORT

OF THE

COMMISSIONERS OF THE LAND OFFICE

FOR THE YEAR 1899

ALBANY:

ANDREW DEWEY, STATE PRINTER

1900

Stabsarzt Dr. W. Lutz  
Institut für Luftfahrtmedizin München  
Kommandiert zum lfd. San. Offz.  
bei Höheren Jafü West.

Die Steuerung von Fallschirmabsprüngen in Unterdruckkammern mittels  
Strömungsmesser.

Der Verlauf der atmosphärischen Druckverhältnisse beim Fallschirmabsprung lässt sich in Unterdruckkammern nachbilden. Die Bedeutung der-artiger "U-Kammerabsprünge" lag zunächst im luftfahrtmedizinischen Forschungsbereich. Sie dienten insbesondere zur Ermittlung der maximalen Absprunghöhen bei gezogenem und ungezogenem Schirm und zur Klärung aller damit zusammenhängenden Fragen (ROMBERG' - GAUER - v. DIERINGSHOFFEN - LUTZ).

Die Steuerung des Kammervakuums entsprechend der Fallkurve ist hierbei insofern nicht ganz einfach, als die Druckzunahme in der Kammer nicht linear, sondern kurvenförmig verläuft. Die Steuerung erfolgte bisher mittels Höhentabelle und Stoppuhr, ev. unter Zuhilfenahme eines Variometers, eine Methode, die nicht nur umständlich und mühsam, sondern ihrer Natur nach auch ungenau und wenig flüssig war, da sie mehrfache zum Teil überschüssige Korrekturen während des Versuches erforderlich machte. Für eigene Experimente wurde ein Gerät entwickelt, welches gestattete, beliebige Änderungen des Vakuums einer U-Kammer, unter anderem auch "Fallschirmabsprünge" einfach und exakt zu steuern. Das Gerät ist allerdings durch Verwendung eines Quicksilberbarometers gegen Stoss empfindlich und erfordert die zeichnerische Herstellung einer dem jeweils beabsichtigten Druckverlauf entsprechenden Spiralkurve. Es eignet sich daher in erster Linie als Universalgerät für wissenschaftliche Versuche, weniger zu praktischer Verwendung etwa an U-Kammerzügen.

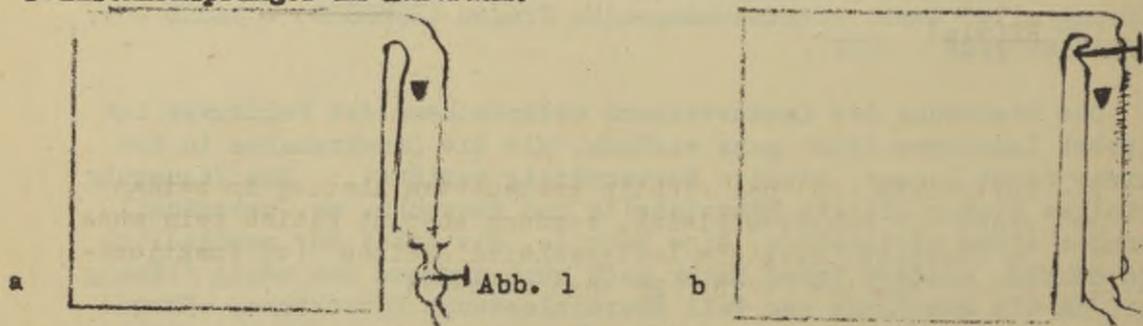
Die Steigerung der Flughöhen in ein Bereich, der beim Aussteigen Durchfallen-lassen zur Pflicht macht und ein vorzeitigen Ziehen des Schirmes verbietet, könnte gegebenenfalls die Durchführung von Lehrabsprüngen in U-Kammern beim fliegenden Personal wünschenswert erscheinen lassen. Hierfür braucht man aber ein transportfestes Gerät mit völlig unkomplizierten Bedienungseigenschaften.

Bei gemeinsamen Überlegungen mit Wetzel über die für praktische Zwecke wohl geeignetste Methode zur Steuerung eines "Fallschirmabsprünge" in U-Kammern erinnerte ich mich an eine zufällige, bei Tierversuchen gemachte Beobachtung, die sich in der gewünschten Richtung verwerten lässt.

Bei diesen, in einer kleinen Experimentier-U-Kammer durchgeführten Absprungsversuchen die durch das oben erwähnte Universalgerät

gesteuert wurden, zeigte sich, dass der Schwimmer eines zwischen Einlassventil und U-Kammer gelegenen Strömungsmessers (Rotameter) während des durch das andere Gerät richtig gesteuerten Abstieges konstant auf einer bestimmten Marke stehen blieb. Damit war die Möglichkeit zu einfacher Steuerung des U-Kammervakuums entsprechend einem mit konstantem Luftwiderstand, also frei im Luftraum fallenden Körper gegeben.

Das Wesen der Anordnung liegt darin, dass der Strömungsmesser zwischen U-Kammer und Einlassventil, also, da die eintretende Luft am Ventil expandiert, im Vakuum der Kammer liegt, (a. Abb. 1), dass somit der Schwimmer des Strömungsmessers in dem in die Kammer eindringenden, unter dem Druck (Dichtegrad) der entsprechender Höhe stehenden aufsteigenden Luftstrom ebenso fällt (d.h. stehen-bleibt) wie der Fallschirmspringer im Luftraum.



Es muss hier, da die Schwimmerstellung erfahrungsgemäss bei richtig gesteuerten Abstieg konstant bleibt, die oben (in grösserer Höhe) geringere Masse an einströmender Luft durch deren infolge der Expansion am Ventil grösseres Volumen und damit grössere Geschwindigkeit ausgeglichen werden. Dies ist in sofern verständlich, als der Widerstand eines Körpers im Luftstrom mit dem Quadrat der Geschwindigkeit anwächst. Im Gegensatz hierzu stünde eine Anordnung (b Abb 1)-, bei welcher der Strömungsmesser nach dem Ventil läge, die ihn durchströmende Luft also unter Bodendruck stünde. In diesem Falls misst der Strömungsmesser während eines richtig gesteuerten Abstieges die tatsächlich in jedem Augenblick eintretende Luftmenge, da die Luftdichte, weil unter Aussendruck gemessen, gleich bleibt. Die eintretenden Luftmengen, gemessen am Schwimmerstand würden unter diesen Umständen im Laufe des Absprunses immer mehr ansteigen, weshalb eine Steuerung des Fallschirmabsprunses nur wieder mit Uhr und Tabelle möglich wäre.

Es war nun wünschenswert, hinter der empirisch gefundenen Tatsache der konstanten Schwimmerstellung die zu vermutende Mathematische Gesetzmässigkeit heraus-zu-schälen. Ich verdanke die nachfolgende Berechnung Herrn Dr. DREXEL vom Physikalischen Institut der Technischen Hochschule München.

Verglichen wird der Widerstand  $R_F$  eines im (stillstehenden) Luftraum bewegten Fallkörpers mit dem Widerstand  $R_R$  eines im (bewegten) Luftstrom stillstehenden Schwimmers des Strömungsmessers.

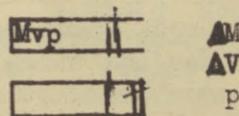
Stillstand des Schwimmers bedeutet gleichbleibenden Luftwiderstand desselben im Verlauf des Fallversuches in der U-Kammer, d.h. funktionelle Analogie zu den Verhältnissen beim Fallschirmabsprung, wo bei konstanter Erdbeschleunigung und bei konstantem Luftwiderstand nur die Absolutgeschwindigkeit sich ändert.

Wenn der Schwimmer des Strömungsmessers bei richtig gesteuertem Abstieg entsprechend freiem Fall im Luftraum stillstehen soll, dann müssen RF und RR funktionsgleich sein. Die Widerstände sind in beiden Fällen neben den jeweils konstanten Widerstandsbeiwerten abhängig von Luftgeschwindigkeit ( $v$ ) und Luftdichte ( $p$ )

$$RF = RF(v;p)$$

$$RR = RR(v;p)$$

Abb. 2



Da die Luftdichte ( $p$ ) bei richtig gesteuertem Abstieg in beiden Fällen nicht nur funktionsgleich, sondern absolut gleich sein muss, bleibt zu beweisen, dass die Luftgeschwindigkeiten ( $v$ ) funktionsgleich sind. Nun ist  $v$  für RF ohne weiteres

$$= f\left(p : \frac{\Delta p}{\Delta t}\right)$$

D.h. - die Fallgeschwindigkeit ist eine Funktion des Luftdrucks und der Luftdruckänderung pro Zeiteinheit und es ist noch nach zu weisen dass dies auch für  $v$  von RR gilt.

Zu diesem Zwecke wird der Vorgang des Einströmens von Luft in die U-Kammer zeigend in ( Abb. 2)

a) Vergrößerung des Kammervolumens  $V$  mit der Masse des Luftinhaltes  $M$  und dem Druck  $p$  um das Volumen  $\Delta V$  mit der Luftmasse  $\Delta M$  vom Druck  $p$ .

b) Kompression des nunmehrigen Volumens  $V + \Delta V$  und der Luftmasse  $M + \Delta M$  mit dem Druck  $p$  auf das ursprüngliche Volumen  $V$  mit dem Druck  $p + \Delta p$ .

Nach BOYLE-MARIOTTE muss  $(p + \Delta p) \cdot V$  (nach Kompression) gleich sein  $p \cdot (V + \Delta V)$  (Vor Kompression)

$$(1) \quad (p + \Delta p) V = p (V + \Delta V) = \text{constant}$$

Gehört zur Luftmasse  $M$  das Volumen  $V$ , dann haben  $M$  Moleküle das Volumen  $V$ , ein Molekül das Volumen  $\frac{V}{M}$  und  $\Delta M$

Moleküle das Volumen  $\frac{V \Delta M}{M}$ , es entspricht damit  $\Delta M$  und dem zugehörigen Volumen  $\Delta V$  der Wert  $\frac{V \Delta M}{M}$ .

$$(2) \quad \Delta M \rightarrow \Delta V = \frac{V \Delta M}{M}$$

$$(2) \text{ in (1) eingesetzt gibt } pV + \Delta p V = p \left( V + \frac{V \Delta M}{M} \right),$$

$$\text{umgewandelt (3) } \Delta p = p \frac{\Delta M}{M}$$

d.h. Die Druckzunahme im Innern der Kammer bei Zufuhr von  $\Delta M$  Luftmolekülen.

$\Delta M$  Moleküle mit dem Volumen  $\Delta V$  erfüllen im Rohr des Strömungsmessers einen Raum von  $F \cdot \Delta h$  (Querschnitt  $\times$  Höhe)

$$(4) \quad \Delta V = F \cdot \Delta h$$

Die Geschwindigkeit der Luft im Rohr des Strömungsmessers beim Eindringen von  $\Delta M$  Molekülen in der Zeit  $\Delta t$  ist (Weg / Zeit)

$$(5) \quad v = \frac{\Delta h}{\Delta t}$$

$$\text{Setzt man in (5) } \Delta h = \frac{\Delta V}{F} \text{ aus (4); } \Delta V = \frac{V \Delta M}{M} \text{ aus (2);}$$

Und  $\Delta M \cdot \frac{M}{P} \cdot \Delta p$  aus (3), dann folgt nach Kürzung

$$v = \left(\frac{V}{F}\right) \cdot \frac{1}{p} \cdot \frac{\Delta p}{\Delta t}; \quad v = f(p; \frac{\Delta p}{\Delta t})$$

V (Volumen der U-Kammer) und F (Querschnitt des Strömungsmessers) sind örtliche Konstante. Damit ist v von RR ebenso wie v von RF nur Funktion von p und  $\frac{\Delta p}{\Delta t}$ , RF und RR also funktionsgleich.

Es muss demnach bei stillstehenden Schwimmer des Strömungsmessers der zeitliche Verlauf der Druckänderung in der U-Kammer demjenigen beim freien Fall ähnlich sein und ein bestimmter am Strömungsmesser eingehaltener Wert einem bestimmten Luftwiderstand beim freien Fall entsprechen.

Die praktische Verwertung der gefundenen Zusammenhänge erfolgt in der Weise, dass ein Strömungsmesser geeigneter Grösse und Ausführung zwischen die U-Kammer und das Einlassventil gesetzt wird. Für freien Fall bei ungeöffnetem Schirm benötigt man erfahrungsgemäss ein Instrument, dessen maximaler Messbereich (Durchlass) gut 50% des Kammervolumens pro Minute beträgt, für eine zylindrische Kammer von 3 Meter Durchmesser und 2, 3 Meter Höhe also zum Beispiel einen Strömungsmesser für 10 cbm / min. Auf empirischen Wege werden ein für alle Mal die entsprechenden Marken für Absprung mit gezogenem und ungezogenem Schirm ermittelt, worauf die Steuerung in der Weise erfolgt, dass bei abgestellten Pumpen durch stetiges Öffnen des Ventils der Schwimmer stets an der betreffenden Marke gehalten wird. Die Kammer lässt sich hierbei von einer Person bequem und ohne Fehlermöglichkeit bedienen.

Das Gerät arbeitet für jede beliebige Absprunghöhe und gestattet, durch Wechsel der Bezugsmarke jeder Zeit einen Übergang vom freien Fall in einen solchen mit geöffnetem Schirm vorzunehmen. Es kann ausserdem jeder Änderung des Luftwiderstandes am Fallschirmspringer, etwa bei Wechsel in Bekleidung und Ausrüstung (neue Fallschirme etc.) durch Verlegung der Marken angepasst werden. Das Gerät berücksichtigt nicht die Anlaufzeiten bis zum Erreichen der Endgeschwindigkeit. Hierauf muss durch entsprechend verzögerte Annäherung des Schwimmerstandes an die Marke bei Beginn des Versuches Rechnung getragen werden.

Dr. W. (M. L. S.)

Patentanwalt A. WEICKMANN  
 Dipl. Ing. F. WEICKMANN  
 Dr. Ing. A. WEICKMANN

10. OKT. 1942

in GEMEINSCHAFT  
 DR. WOLFGANG LUTS

Dr. Wolfgang L u t s , Arzt, München, Hans Sachsstrasse 18/I.

Zur Abführung des von der prüfenden Person ausgeatmeten Sauerstoffes bestimmte Einrichtung an Unterdruckkammern für die Tauglichkeitsprüfung von verminderten Luftdruck ausgesetzten Gegenständen und Personen, insbesondere Fliegern.

Es sind bereits Unterdruckkammern bekannt, in welchen während ihrer Tätigkeit verminderten Luftdruck ausgesetzte Personen, insbesondere Flieger auf das Verhalten ihres Organismus gegenüber dem verminderten Luftdruck geprüft werden. Da sich in den Unterdruckkammern auch prüfende Personen aufzuhalten haben und diese während der Prüfung über eine Maske mit Sauerstoff versorgt werden, so müssen Vorkehrungen getroffen sein, um nicht mit dem durch die prüfende Person ausgeatmeten Sauerstoff die Verhältnisse in der Unterdruckkammer so zu ändern, dass sie den Luftverhältnissen, in denen die zu prüfenden Personen in der Praxis tätig sein und sich aufhalten sollen, nicht mehr entsprechen.

Zu diesem Zweck ist es bereits bekannt, die von den prüfenden Personen, z. B. Ärzten, ausgeatmeten Gase vor diejenige Öffnung der Unterdruckkammer zu führen, an welche die die Kammer evakuierende Saugpumpe angeschlossen ist, um so diese Gase abzusaugen.

Da aber in diesem Fall keine Gewähr dafür gegeben ist, daß alle ausgetretenen Gase abgeleitet werden und somit eine Anreicherung von Sauerstoff in der Unterdruckkammer eintreten kann und auch eintritt, genügen diese Einrichtungen den gestellten Anforderungen nicht.

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Einrichtung, welche die Anreicherung von durch die prüfenden Personen ausgetretenen Gasen, also im wesentlichen Sauerstoff, in der Unterdruckkammer vermeidet. Zu diesem Zweck ist gemäß der vorliegenden Erfindung ein zur Aufnahme der ausgetretenen Gase der prüfenden Person bestimmter, von der Atmosphäre abgeschlossener erster Raum über ein, durch die Druckschwankungen in diesem Raum gesteuertes Ventil mit einem zweiten, unter geringem Druck, als der in der Kammer stehenden Raum verbunden. Dabei kann eine, den ersten Raum von der Kammer trennende Wand durch eine Membran gebildet sein, welche durch eine Unterabsetzung auf das federbelastete Ventil arbeitet. Der Grad der Ventilbelastung ist zweckmäßig veränderbar. Um eine möglichst konstante Druckdifferenz zwischen dem ersten Raum und dem zweiten Raum zu erhalten, steht der zweite Raum unter dem Einfluß einer, während der Prüfung arbeitenden Unterdruckpumpe und ist über ein, in Abhängigkeit von dem Druckunterschied in beiden Räumen gesteuertes Ventil mit der Atmosphäre verbunden. Die Anordnung ist dabei zweckmäßig so getroffen, daß ein, an seiner Innenseite dem Druck des einen und an seiner Außenseite dem Druck des anderen Raumes ausgesetzt, druckempfindlicher Hohlkörper auf das dem zweiten Raum mit der

Atmosphäre verbindende Ventil arbeitet. Die Verbindung zwischen dem Hohlkörper und dem Ventil ist dabei zweckmäßig lüftungsfähig ausgebildet. Der Hohlkörper kann durch eine drückende Feder belastet sein. Die je nach dem Grad ihrer Belastung eine Veränderung der Druckdifferenz gestattet. Die beiliegende Zeichnung zeigt eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Einrichtung im Schnitt.

Die Einrichtung ist in einem Gehäuse 1 untergebracht, welches in die Wandungen 2 der Unterdruckkammer eingetastet ist. In dem Gehäuse 1 ist zunächst ein von der Atmosphäre getrennter Raum 3 abgeteilt, der durch eine Membran 4 von der Unterdruckkammer getrennt ist. Das Gehäuse 1 ist in Bereiche des Raumes 3 mit einem Stutzen 5 versehen, welcher zum Anschluss an die Maske der prüfenden Person, also z. B. des Apparates, bestimmt ist. Die Maske ist dabei so ausgebildet, dass die Ausatemungsasse der mit Sauerstoff versorgten prüfenden Person in den Raum 3 gelangen. In Richtung der Unterdruckkammer ist die Membran 4 durch eine Schutzkappe 6 abgedeckt, welche jedoch eine gasdichte Trennung zwischen der Membran 4 und der Unterdruckkammer nicht darstellt. Stwa in der Mitte der Membran ist mit seinem einen Ende ein Arm 7 befestigt, welcher mit seinem anderen Ende über ein Gelenk 8 mit dem Gehäuse 1 verbunden ist. An dem Arm 7 und zwar dem Gelenk 8 näherliegend, ist der Berührungspunkt des Armes 7 mit der Membran, greift das freie Ende des einen Armes 9 eines Doppeldrehhebels an, dessen anderer Arm 10 auf dem Pleuellenschaft 11 eines Steuerventils 12 arbeitet. Der Arm 10 ist

kürzer, als der Raum 9. Das Teuerventil 12 ist dazu bestimt, die Verbindung, Öffnung 13 zwischen dem Raum 3 und einem zweiten Raum 14 zu schliessen oder zu öffnen. Es ist durch eine Feder 15 belastet, deren Belastungsgrad durch eine Mutter 16 veränderbar ist.

Der Raum 14 ist ebenfalls von der Atmosphäre abgeschlossen und ist über einen Stutzen 17 mit einer, während der Prüfung ständig arbeitenden Unterdruckpumpe verbunden, sodass der in dem Raum 14 herrschende Druck stets geringer ist, als der in dem Raum 3 herrschende.

Die Wirkungsweise der Einrichtung ist wie folgt:

Die in der Unterdruckkammer anwesende, prüfende Person wird, da sie selbst nicht der Prüfung auf Sauerstoffmangel gegenüber vermindertem Luftdruck/unterer Luftdruck ist, mit Sauerstoff versorgt. Zu diesem Zweck trägt sie eine Maske, in die über eine, von der Unterdruckkammer abgeschlossene Leitung Sauerstoff zugeführt wird. Die ausgeatmeten Gase der prüfenden Person können natürlich nicht unmittelbar in die Atmosphäre geleitet werden, da dort gegenüber den Druckverhältnissen in der Unterdruckkammer ein starker Überdruck herrscht. Die Ausatmungs-gase werden infolgedessen über eine Leitung und den Stutzen in dem Raum 3 eingeleitet. Durch das periodische Ausatmen ergeben sich in dem Raum 3, in dem normalerweise derselbe Unterdruck herrscht, wie in der Unterdruckkammer, Druckschwankungen, auf die die Leuchte 4 reagiert. Bei Steigen des Druckes

wird die Membrane 4 in Richtung der Unterdruckkammer ausgebaucht, mit der Wirkung, dass über das untersetzende Hebelgestänge 7,8,9, 10 der Ventilschaft 11 angehoben und damit das Ventil 12 von seinem Sitz abgehoben wird. Infolgedessen treten Gase aus dem Raum 14 über, in dem ein niedrigerer Druck herrscht, als in den Raum 3. Wenn der Raum 14 ein genügend großes Volumen besitzt und von vorneherein auch einen genügend großen Unterdruck, so könnte die Einrichtung auch ohne dauerndes Arbeiten der an die Öffnung 17 angeschlossenen Unterdruckpumpe wirksam sein. Die Federbelastung des Ventiles 12 müßte dann durch Verdrehen der Mutter 16 den daraus sich ändernden Druckverhältnissen ständig angepaßt werden.

Um dies zu vermeiden, ist es zweckmäßig, die Druckdifferenz in den Räumen 3 und 14 möglichst konstant zu halten und es ist eine besondere Einrichtung vorgesehen, welche diese Konstanthaltung bewerkstelligt.

In dem Raum 14 ist eine druckempfindliche Dose 18 untergebracht, deren Innenraum mit dem Raum 3 in Verbindung steht, während die Außenseite dem Druck in dem Raum 14 ausgesetzt ist. An der Dose 18 ist der Schaft 19 eines Ventiles 20 befestigt, das eine den Raum 14 mit der Atmosphäre verbindende Öffnung abzuschließen bestimmt ist. Die Länge des Schaftes 19, d.h. der Abstand des Ventiles 20 von der Dose 18, ist durch Stellschrauben und Feststellmuttern 22 und 23 veränderbar. Die Dose 18 ist auf ihrer Außenseite durch eine bewegungsdämpfende und der Regelung des jeweilig geschweißten Druckunterschiedes dienende Feder 24 belastet.

Die Einrichtung wirkt wie folgt:

Da die Dose 18 auf ihrer Innenseite dem Unterdruck in dem Raum 3 und auf ihrer Außenseite dem Unterdruck in dem Raum 14 aus-

gesetzt ist, so beeinflusst sie den Schaft 19 des Ventiles 20 in Abhängigkeit von der Druckdifferenz der beiden Räume 3 und 14. Aus dem Raum 14 wird nun durch die Öffnung 17 während der Durchführung der Prüfung ständig gesaugt, sodaß in dem Raum 14 ein größerer Unterdruck herrschen würde, als dies angestrebt ist. Übersteigt jedoch der Unterdruck das gewünschte Maß, so dehnt sich die Dose 18 aus und hebt damit das Ventil 20 von seinem Sitz ab, sodaß atmosphärische Luft durch die Öffnungen 24 und 25 in den Raum 14 einströmt und den Druck herabsetzt. Das Ventil 20 schließt aber sofort wieder, wenn der in dem Raum 14 herrschende Unterdruck ein bestimmtes Maß gegenüber dem Unterdruck des Raumes 3 erreicht hat. Um das Eintreten von Verunreinigungen durch die Öffnungen 24 auszuschließen, ist über dem Ventil 20 ein Sieb oder Filter 26 angeordnet.

Die Einrichtung kann auch zur Untersuchung des Ablaufes chemischer Reaktionen im verdünnten Luftraum verwendet werden.

## P a t e n t a n s p r ü c h e .

1.) Zur Abführung des von der prüfenden Person ausgesetzten Sauerstoffes bestimmte Einrichtung an Unterdruckkammern für die Tauglichkeitsprüfung von vermindertem Luftdruck aussetzenden / Personen, insbesondere Fliegern, dadurch gekennzeichnet, dass ein zur Aufnahme der Ausatmungs-gase der in der Kammer befindlichen, prüfenden Person bestimmter, von der Atmosphäre abgeschlossener, erster Raum (3) über ein durch die Druckschwankungen in diesem Raum (3) gesteuertes Ventil (12) mit einem zweiten, unter geringerem Druck, als der in der Kammer, stehenden Raum (14) verbunden ist .

2.) Einrichtung nach Anspruch 1.), dadurch gekennzeichnet, dass eine den ersten Raum (3) von der Kammer trennende Wand durch eine Membrane (4) gebildet ist, welche über eine Untersetzung (7 - 10) auf das federbelastete Ventil (12) arbeitet.

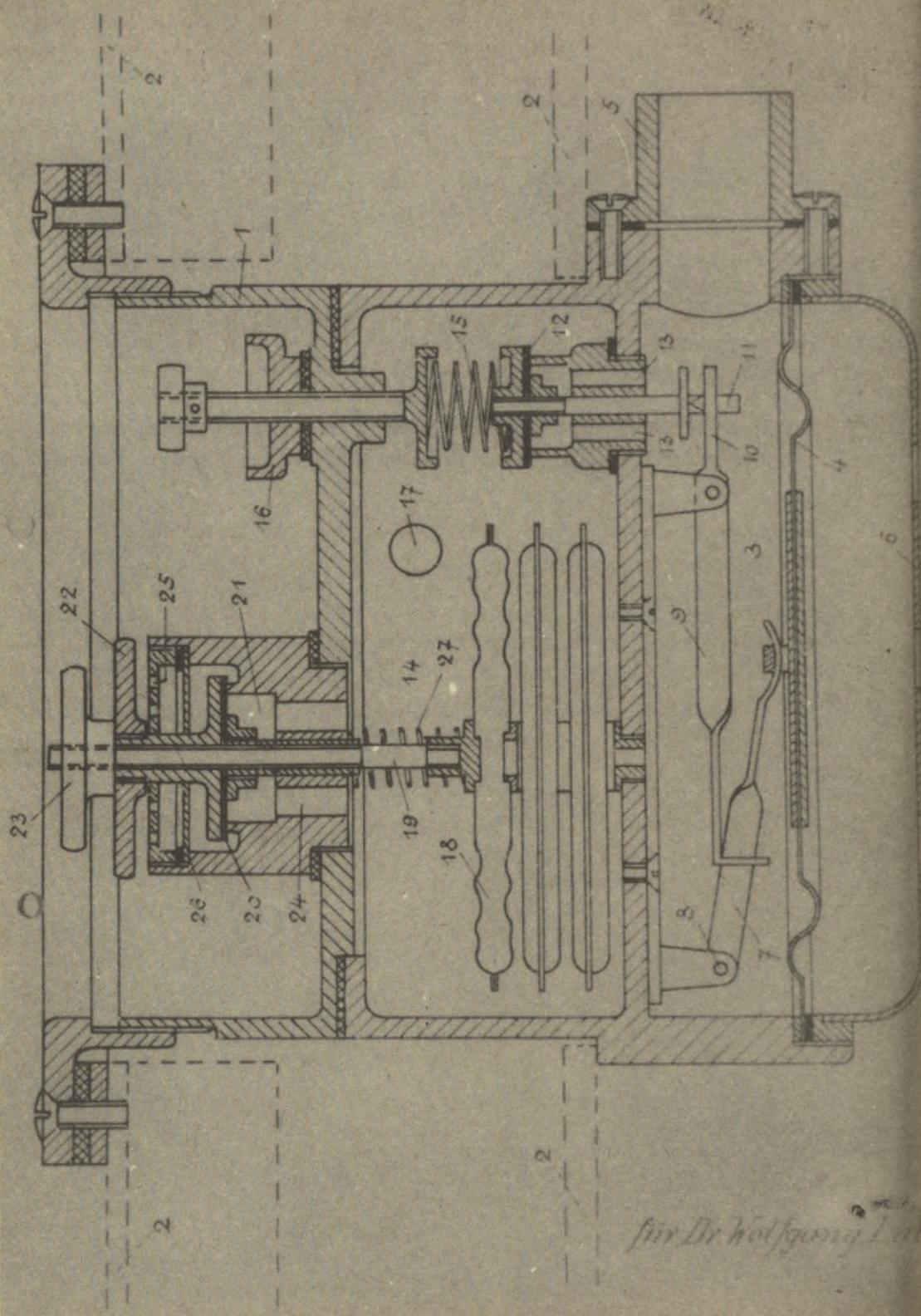
3.) Einrichtung nach Anspruch 1.) und 2.), dadurch gekennzeichnet, dass der Grad der Federbelastung (15) veränderbar ist .

4.) Einrichtung nach Anspruch 1.) - 3.), dadurch gekennzeichnet, dass der zweite (14) Raum unter dem Einfluss einer während der Prüfung arbeitenden Unterdruckpumpe steht und über einer, in Abhängigkeit von dem Druckunterschied in beiden Räumen (3,14) gesteuertes Ventil (20) mit der Atmosphäre in Verbindung steht .

5.) Einrichtung nach Anspruch 1.) - 4.), dadurch gekennzeichnet, dass ein an seiner Innenseite dem Druck des einen und an seiner Aussenseite dem Druck des anderen Raumes ausgesetzt, druckempfindlicher Hohlkörper (18) auf das den zweiten Raum (14) mit der Atmosphäre verbindende Ventil (20) arbeitet.

6.) Einrichtung nach Anspruch 1.) - 5.), dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung zwischen dem Hohlkörper (18) und dem Ventil (20) Längenveränderbar ist.

7.) Einrichtung nach Anspruch 1.) - 6.), gekennzeichnet durch eine, den Hohlkörper (18) belastende, dämpfende Feder (24).



*für Dr. Wolfgang L...*

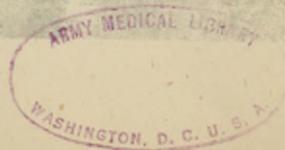
Institut für Luftfahrtmedizin  
München  
Aussenstelle Freising

Das Institut für Luftfahrtmedizin München bearbeitet in seiner zur Zeit in Weihenstephan, Molkereischule untergebrachten Abteilung folgende vordringliche Aufgaben:

1. Entwicklung einer Atemmaske für Aufklärungsflieger, die das störende Beschlagen der Windschutzscheiben nicht aufkommen lässt.
2. Wiederbelebung aus dem Kältetod (Flieger in Seenot).
3. Wiederbelebung Scheintoter nach Kohlenoxydvergiftung (Flächenbrände).
4. Verletzung von Überdruckkabinen bei Stratosphärenflügen und Rettungsmaßnahmen dagegen.
5. Fallschirmabprung aus grössten Höhen, Rettung Scheintoter und bewusstlos gewordener Fallschirmabspringer. Verhinderung des Höhentodes bei Fallschirmabsprüngen.

Es wird bemerkt, dass obenstehender Arbeitsplan ausschliesslich die Abteilung Weihenstephan betrifft, die Abteilung Hirschan bearbeitet weitere Fragen, die hier nicht angeführt sind.

Oberfeldarzt



Arbeitsprogramm

des Instituts für Luftfahrtmedizin München  
(Nach dem Stand vom 8. 3. 44)

A. Wissenschaftliche Themen

I. O<sub>2</sub>-Mangel.

1. Über die Unterschiede der individuellen Höhenfestigkeit. Bestimmung der "Reduktionszeit" am Menschen nach v. WERZ und REITER.
2. Über die hormonale Natur der Atemregulation bei O<sub>2</sub>-Mangel (Hyperpneinproblem): Über die Abhängigkeit der Hyperventilation vom Umfang des arbeitenden Muskelgebietes.
3. Resorption von Gasen und Lösungen aus dem Darm bei Sauerstoffmangel.
4. Handlungsfähigkeit, Bewusstseinsdauer und Lebenszeit von Flugszeuginsassen nach Verletzung von Überdruckkabinen.
  - a) Einfluss der stratosphärischen Temperatur auf die Auswirkung des Sauerstoffmangels. Versuche am Menschen in einer Tiefkühl-Drucksturz-kammer.
  - b) Bestimmung der alveolaren Wasserdampfspannung in grossen und grössten Höhen zur Frage der nach Drucksturz verbleibenden alveolaren Sauerstoffspannung.

5. a) Einfluss von plötzlichem Übergang in bisher nicht untersuchte Höhen von über 20 000 m (Drucksturz in Weltraumverhältnisse).
- b) Fallschirmsprung aus Höhen über 20 000 m mit Untersuchungen über den Einfluss tiefer Temperaturen.

## II. O<sub>2</sub>-Vergiftung (Oxydase) und O<sub>2</sub>-Überdruck.

1. In welchem Umfang ist eine Retention von Kohlensäure an den Erscheinungen der Sauerstoffvergiftung beteiligt?
2. Therapie und Prophylaxe der Sauerstoffvergiftung.
3. Temperaturabhängigkeit der Sauerstoffschädigung.

## III. Physikalische Höhenwirkung.

(Druckfall, Unterdruck und Drucksturz).

1. Beteiligung des Kreislaufs bei Druckfallkrankheit.
2. Dampfbildung im lebenden Gewebe bei Drucksturz in Höhen über 20 000 m.
3. Untersuchungen über die physikalischen Grundlagen zur Ausbildung eines höhenunabhängigen Funksprechverkehrs bei abnehmenden Luftdruck (Phonetik).

## IV. Auskühlung bei Seenot.

1. Gibt es einen Wiedererwärmungskollaps (Therapie der Nebenerscheinungen bei schneller Wiedererwärmung von Ausgekühlten).
2. Wiederbelebung Ausgekühlter durch hohe Sauerstoffdrucke
3. Theorie und Mechanismus des Kältetodes.

V. Bekämpfung des Gasödems mittels hoher  $O_2$ -Drucke.

B. Entwicklung von Apparaten u. Methoden.

1. Apparatur zur objektiven Bestimmung der "Reduktionszeit" auf lichtelektrischem Wege (Methode von v. WERZ und REITER).
2. Apparat zur fortlaufenden Registrierung der alveolaren Wasserdampfspannung.
3. Ausatemssammler für U.-Kammern.
4. Gerät zur Steuerung von "Fallschirmabsprüngen" in U.-Kammern.
5. Entwicklung einer Tiefkühl-Drucksturzammer zur Nachahmung der bei Verletzung von Kabinenflurzeugen tatsächlich gegebenen Verhältnisse.
6. Schlagvolumenbestimmung unter Umgehung der pneumatischen Transmissionen zur Kreislaufuntersuchung in U.-Kammern.
7. Zusatzgerät zur Atemmaske zur Vermeidung von Wasserdampfkondensation an Kabinenfenstern im Auftrag von L.In. 14.

---

C. *Handwritten:* *Handlungsprogramm Lueder Klimatabelle  
bei  $O_2$ -Mangel (Unterstützung mit künstl. Funktion)*

Institut für Luftfahrtmedizin München  
Arbeitsgruppe Stabsarzt Lutz  
Freising - Weihenstephan

Laufende und in Vorbereitung befindliche Arbeiten  
(Stand vom 16. 11. 44).

I. Rettung aus grossen Höhen (entsprechend Forschungsauftrag  
Chef San. W. Az 55 Nr. 5397/44 rot (2 F) v. 21. 6. 44).

A) Physiologie.

- 1) Die Versuche ergaben vorläufig, dass die Überlebenszeiten mit steigender Höhe abnehmen, überraschenderweise die Wiederbelebungszeiten aber wachsen. Dieses Wachsen der Wiederbelebungszeiten, d.h. der Zeiträume innerhalb welcher der Abstieg durch Druckerhöhung eingetreten sein muss, um eine Wiederbelebung des Tieres zu ermöglichen, ist dabei wesentlich grösser, als es der Abnahme der Lebenszeiten entspricht, d.h. es hat den Anschein, dass die insgesamt bis zum beendeten Abstieg zur Verfügung stehende Zeit nach Drucksturz mit steigender Höhe sich vergrössert (Druckabnahme des intrazellulären bzw. intravasculären Sauerstoffs bei Senkung des Absolutdruckes?). Bisher 150 mmHg.
- 2) Einfluss von künstlicher Atmung durch ein zu schaffendes Fallschirmbeatmungsgerät auf die Rettungsmöglichkeit aus grossen Höhen.  
Grundgedanke: Künstliche Beatmung beseitigt eine eventuell aufgetretene Atelektase und beschleunigt gleichzeitig die sonst nur passiv erfolgende Füllung der Lunge mit Sauerstoff. Ausserdem wird etwa eingedrungene Nebenluft (bei undichter Maske) beseitigt.  
Augenblicklich sind Versuche mit Kaninchen in Vorbereitung. Nach Fertigstellung der grossen Unterdruckkammer wird mit Versuchen an grösseren Tieren begonnen.

- B) Technische Entwicklung des auf Grund früherer Versuche und der unter A) angegebenen Gesichtspunkte zu fordernden Fallschirmbeatmungsgerätes zusammen mit Flg. Obing. Scheible von der DFS in Ainring.
- C) Laufende höhenphysiologische Beratung der bei der DFS in Ainring vorliegenden Flugzeugentwicklung, insbesondere Anpassung des bereits vorhandenen Drucksturzschutzanzuges an die durch das neue Flugzeugmodell gegebenen Verhältnisse.
- D) Weiterentwicklung des Drucksturzschutzanzuges in Richtung auf
- a) Verringerung der Bewegungsbehinderung des Insassen durch Neukonstruktion, gegebenenfalls in Zusammenarbeit mit Dräger Lübeck.
  - b) Einsparung des Atemgerätes durch Verwendung von Sauerstoff als Spülgas. Der dabei unvermeidliche Austritt von Sauerstoff in die Kabine und die dadurch erwirkte Verdrängung der Kabinenluft durch Sauerstoff macht
- E) Untersuchungen über eine eventuelle Brandgefahr unter den speziell in Ainring vorliegenden Bedingungen notwendig. Untersuchungen im Unterdruckprüfstand des Instituts mit einer durch die DFS hergestellten modellmäßigen Funk- etc.-Ausrüstung.
- F) Fertigstellung des Forschungsauftrages von Chef San. W. As 55 Nr. 25249/44 L.In. 14 (2F) 2. Angel. v. 10. 2. 44 über die Entwicklung einer Atemmaske, welche Eisbildung an Flugkabinenscheiben verhindert. Versuchsmodelle 1 - 5 sind erprobt und entsprechend den dabei gewonnenen Erfahrungen geändert. Die Fertigstellung des neuen Modells steht in einigen Wochen in Aussicht.

## II. Auskühlung.

Untersuchungen über den Kältescheintod entsprechend der in früheren Arbeiten entwickelten Auffassung vom sozusagen physiologischen Charakter des Kältetodes bei tiefer Auskühlung. Versuche, Warmblüter nach eingetretenem Kältetod wiederzubeleben. Es gelingt, rasch bis zum Herzstillstand ausgekühlte Tiere (Meerschweinchen) noch längere Zeit nach dem Tod durch Erwärmung bei gleichzeitiger künstlicher Atmung für dauernd und ohne erkennbare Schädigung wiederzubeleben. Herzstillstand von etwa 1 Stunde Dauer kann von den Tieren dauernd überlebt werden. Wiederbelebung tritt auch nach längerer Dauer des Herzstillstandes ein, die Tiere sterben jedoch unter diesen Umständen wenige Stunden - Tage nach Wiedereintritt der Spontanatmung an den Folgen einer während des Herzstillstandes erfolgten allgemeinen Schädigung.

Geplante Arbeiterichtung zu II:

- A) Wiederholung der Versuche am Grosstier.
- B) Nähere Analyse der bei längerer Dauer des Scheintodes eintretenden irreversiblen Schädigungen mit der speziellen Fragestellung nach Vermeidung derselben.
- C) Untersuchungen der für einen positiven Wiederbelobungserfolg besonders günstigen Auskühlungs- und vor allem Wiederbelebungsbedingungen einschliesslich der für die Wiederbelebung am Menschen günstigsten Form der künstlichen Beatmung und der Erwärmung etc.

Die unter II A - C genannten Versuche bezwecken am letzten Endes die Ausarbeitung einer Methode mit welcher Unterkühlte bzw. kältetote Soldaten etc. mit Erfolg und ohne Dauerschädigung wiederbelebt werden können. Sollte es möglich sein am Grosstier und am Menschen dasselbe zu erreichen, wie am kleinen Versuchstier, dann wäre damit eine ganz wesentliche Verbesserung der Rettungsmassnahmen bei Auskühlung insofern erzielt, als die bisherigen Wiederbelebungsmassnahmen nicht nur nach bereits eingetretenem Herzstillstand, sondern sogar schon nach längerer Dauer der Schnappatmung, also am noch lebenden Individuum, versagen.

Appendix 3

Institut für Luftfahrtmedizin  
München  
Aussonst. Freising - Weihenstephan

Freising-Weihenst., den 1.11.40

Bericht über  
Entwicklungsarbeiten zur Verhinderung  
des von Beschlag und Eisebildung  
an Kabionfenstern:

(Trocknungspatronen für Atemluft an Höhenatemmasken)

Bearbeiter:

Stabsarzt Dr.med.habil. W.LUTZ  
Fl.O.Ing. Dipl.Ing. E.SCHNIBLE

## I. Aufgabe.

Gemäss Verfügung R.d.L. und Ob.d.L. L.In. 14 Az 55 v.10.II.44 wurde das Institut mit der Entwicklung einer Atemmaske beauftragt, welche das Beschlagen bzw. die Eisbildung an Flugzeugkabinenfenstern verhindern soll.

Der Mischstand, welcher zu der Erteilung dieses Entwicklungsauftrages führte, war durch eine Meldung des Fliegerärztlichen Sachbearbeiters beim Luftflottenarzt 1 vom 13.V.43 und durch die Meldung eines Truppenarztes bei einem Fernaufklärerverband vom 2.VII.43 eingehend gekennzeichnet. Hiernach tritt beim Fliegen in kalter Luft, insbesondere also bei HB anflügen, häufig Anlaufen und Zufrieren der Kanzelscheiben ein, vor allem dann, wenn der Beobachter, um seitlich hinsuszusehen, seine Atemmaske dem entsprechenden Fenster stärker nähert. Aus den erwähnten Meldungen schien auch hervorzugehen, dass nicht nur Scheiben im näheren Umkreis der Atemmaske eines Flugzeuginsassen, sondern auch in weiterer Entfernung davon dem Anlaufen und Zufrieren ausgesetzt sind. Es dürfte also nicht nur das direkte Anhauchen einer gekühlten Scheibe, sondern auch die Zunahme der allgemeinen Luftfeuchtigkeit innerhalb einer gut geheizten und zugfreien Kabine zur Eisbildung führen können. Ein ähnlicher Mischstand ist bei Jagdflugzeugen bekannt geworden, wo bei Abstieg nach einem Höhenflug die Panzerscheiben an ihrer Innenseite Eisbildung zeigen und dadurch undurchsichtig werden kann. Dieser Effekt geht im wesentlichen darauf zurück, dass das dicke Panzer-  
glas seine während des Höhenfluges angenommene tiefe Temperatur vorübergehend beibehält, durch den Einstrom von wärmerer bzw. auch feuchterer Luft während des Abstieges der Feuchtigkeitsgehalt der Luft aber bedeutend zunimmt.

## II. Verschiedene Möglichkeiten der Lösung.

Auf Grund eines Vorschlages des Fliegerärztlichen Sachbearbeiters des Luftflottenarztes 1 war der Versuch gemacht worden, durch Verlängerung der Ausatemluftführung mittels eines Luftschlauches die Ausatemluft tiefer abzuleiten und damit das direkte Anhauchen der Kabinenfenster kurz unter Augenhöhe bzw. die Eisbildung an dieser Stelle zu verhindern. Diese Lösung hatte sich bei einer praktischen Erprobung nicht bewährt, weil trotzdem noch störende

Vereisung der Kabinenfenster auftrat. Ein weiterer Vorschlag, die Ausatemluft erst in einer Entfernung von 40 - 50 cm vom Ausatemventil abzuleiten, scheiterte schon an den Schwierigkeiten der technischen Durchführung (Verlängerung des Atemschlauches usw.).

Die Vermeidung von Eisbildung an Kabinenfenstern ist deshalb sehr schwierig, weil im Flugzeug besonders günstige Bedingungen für die Wasserdampfkondensation vorliegen: kleiner Raum mit einer relativ grossen Anzahl von Insassen, also hohe Luftfeuchtigkeit; grosse Temperaturunterschiede zwischen Kabinenluft und Kabinenfenstern; bei gut schliessender Kabine geringe Luftdurchströmung. Unter diesen Umständen muss jedes in Kabineninnern entstehende Quantum von Feuchtigkeit letzten Endes an den Scheiben kondensieren und dort bei entsprechender Temperatur festfrieren.

Hieraus geht schon hervor, dass man durch Ableitung der Ausatemluft von einer eisfrei gewünschten Scheibenstelle allein die Eisbildung nicht lösen kann. Hingegen stehen zur Erreichung dieses Zieles vier andere Wege offen:

- 1) Verhinderung der Kondensation durch Aufheizen des Kabinenfensters mittels einer Wärmescheibe.
- 2) Verhinderung der Eisbildung durch Herabsetzung des Gefrierpunktes (Bestreichen bzw. Bestauben der Scheibe mit einem wasserlöslichen Alkohol, z.B. Glycerin oder Glykol).
- 3) Lüftung der Kabine. Dadurch wird einerseits die allgemeine Luftfeuchtigkeit der Kabine herabgesetzt. Andererseits wird die Gefahr der Eisbildung durch direktes Auftreffen eines Atemluftstromes auf die Kabinenwand vermindert, da die Innentemperatur der Kabine durch die Lüftung gesenkt wird und der Atemluftstrom von Austritt der Maske bis zum Auftreffen auf die Scheibe eine Abkühlung und damit eine Verminderung seines Wassergehaltes erleidet.
- 4) Möglichst vollständige Absorption der in der Kabine entstehenden Luftfeuchtigkeit.

Der erste Weg wurde bereits besprochen, dürfte aber keine ideale Lösung darstellen, da sich so notgedrungen immer nur einzelne Scheiben eisfrei halten lassen.

Die zweite Möglichkeit könnte unter gewissen Umständen verwendbar sein, z.B. auch zusätzlich zu 4). Ihre Brauchbarkeit soll noch untersucht werden.

Der dritte Weg wurde als Notlösung schon begangen, konnte aber für die Dauer aus gesundheitlichen Gründen und wegen Belästigung des fliegenden Personals nicht in Frage kommen. Es schien vorerst daher nur der vierte Weg eine befriedigende Lösung zu versprechen. Da der Großteil der von den Flugzeuginsassen produzierten Feuchtigkeit aus der Atemluft stammt, musste zu diesem Zweck versucht werden, in erster Linie diese zu absorbieren und damit nicht nur das direkte Anfeuchten der Scheiben, sondern auch eine Zunahme der allgemeinen Luftfeuchtigkeit in der Kabine zu verhindern.

### III. Absorption der Atemfeuchtigkeit.

Zur Absorption des in der Atemluft vorhandenen Wasserdampfes kam praktisch nur die Anbringung einer mit wasserdampfabsorbierenden Mitteln gefüllte Patrone an Höhenstempeln in Frage.

#### a) Absorbierende Substanz:

Als Trocknungsmittel wurde "SILICA GEL" verwendet. Es hat für den vorliegenden Zweck mehrere Vorteile, nämlich hohe Trocknungswirkung, chemische Indifferenz (Ungiftigkeit) bei vollstündiger und einfacher Regenerierbarkeit. Dabei ist SILICA GEL im Gegensatz zu Chlorkalzium gegen ausgeatmeten Alkohol unempfindlich und zeigt auch in feuchtem Zustand keine Neigung zum Zusammenbacken, sodass die einzelnen Körner locker bleiben und die Patronen leichter entleert werden können. Die Regenerierung der Substanz kann notfalls mit ganz primitiven Mitteln auch unter Feldverhältnissen durch ungeschultes Personal (Erhitzen, Durchleiten von warmer Luft usw.) vorgenommen werden. Zweckmäßigerweise wird hierzu aber eine - für diesen Zweck bereits vorliegende - Regeneriervorrichtung verwendet. Die vollendete Regenerierung ist bei einer mit Kobaltsalz als Feuchtigkeitsindikator imprägnierten Form der Substanz (Blau-Gel) an dem eingetretenen Farbumschlag von rosa nach blau erkenntlich.

#### b) Absorptionspatrone

Die Konstruktion der Absorptionspatrone musste von den vorhandenen Typen der Höhenatemmasken ausgehen. Grundsätzlich kommen

2 Ausführungen in Frage:

1) Bei nicht einfrierversicherten Masken (mit frei zugängliches Ausatemventil, z.B. HM 10/67) direkte Befestigung einer entsprechend geformten Patrone am Ausatemventil.

2) Für alle Maskentypen, auch für einfrierversicherte, eine getrennt von der Maske am Atemschlauch befestigte Patrone, welche durch einen 2.Faltenschlauch mit der Maske verbunden wird.

Beide Ausführungen wurden entwickelt. Die Vor- und Nachteile der einzelnen Lösungen werden bei näherer Besprechung der Ausführung erörtert. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Verwendung einer einfrierversicherten Patrone und damit die Anfertigung eines neuen Maskentyps (siehe später) sich in der Praxis möglicherweise erübrigt, da Eisbildung an Fenstern und Eisbildung in Atemmasken sich weitgehend ausschließen dürften. (Eisbildung an Fenstern nur in geheizten Kabinen). Die praktische Erprobung wird allerdings zeigen müssen, inwieweit dies tatsächlich der Fall ist.

#### IV. Ausführung.

Vorversuche haben gezeigt, dass man auch ohne komplizierte Führung des Luftstromes (Luftschichten) eine gleichmäßige Ausnutzung des Patroneninhaltes erreichen kann, wenn man die eintretende Luft durch einen Zwischenboden mit Sieb leicht anstaut und den Austritt der Luft über die ganze Bodenfläche verteilt. Das Wegfallen von Luftschichten bietet dabei die Möglichkeit, die Patronen mühelos zu entleeren, die Füllung zu erneuern und durch einen Trichter wiederum einzufüllen. Auf diese Art können benutzte Patronen bei der Truppe selbst wieder gebrauchsfertig gemacht werden. Die Öffnung der Patrone wird zweckmäßig durch einen Schieber aus durchsichtigem Material verschlossen, sodass an der Farbe der Füllung (siehe früher) die Gebrauchsfähigkeit der Patrone jederzeit sofort abgelesen werden kann.

#### A. Absorptionspatrone Modell I zur direkten Befestigung am Ausatemventil, Abb. 1 und 2.

Die Patrone wird mittels geschlitztem Ring direkt auf das Ausatemventil (z.B. Atemmaske 10/67) aufgesteckt und durch Gummi-

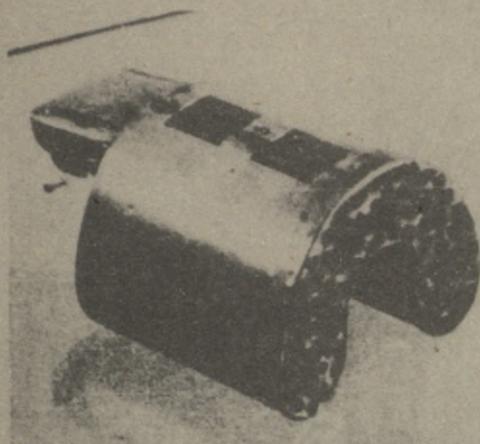


Abb. 1: Modell I.

ring gedichtet. Der halb-reisringförmige Querschnitt der Patrone wurde gewählt, um eine Behinderung beim Neigen des Kopfes zu vermeiden (Patrone trägt so nach rückwärts zu nur wenig auf), andererseits, um den Schwerpunkt in die Richtung des Faltschlauches zu verlegen und damit ein Abheben der Maske durch das Gewicht der Patrone zu verhindern.

Technische Daten: Füllung: SILICA GEL 175 g  
 . Korngröße 1-3 mm  
 Leergewicht: d. Patrone: 50 g  
 Gesamtgewicht: 225 g  
 Werkstoff: Al 0,3 mm  
 Gebrauchsdauer: 2 Std'

Vorteile dieser Ausführung:

Verwendung eines vorhandenen Mascentypes,  
 Wegfall eines 2. Atemschlauches, daher geringe Behinderung  
 des Trägers.

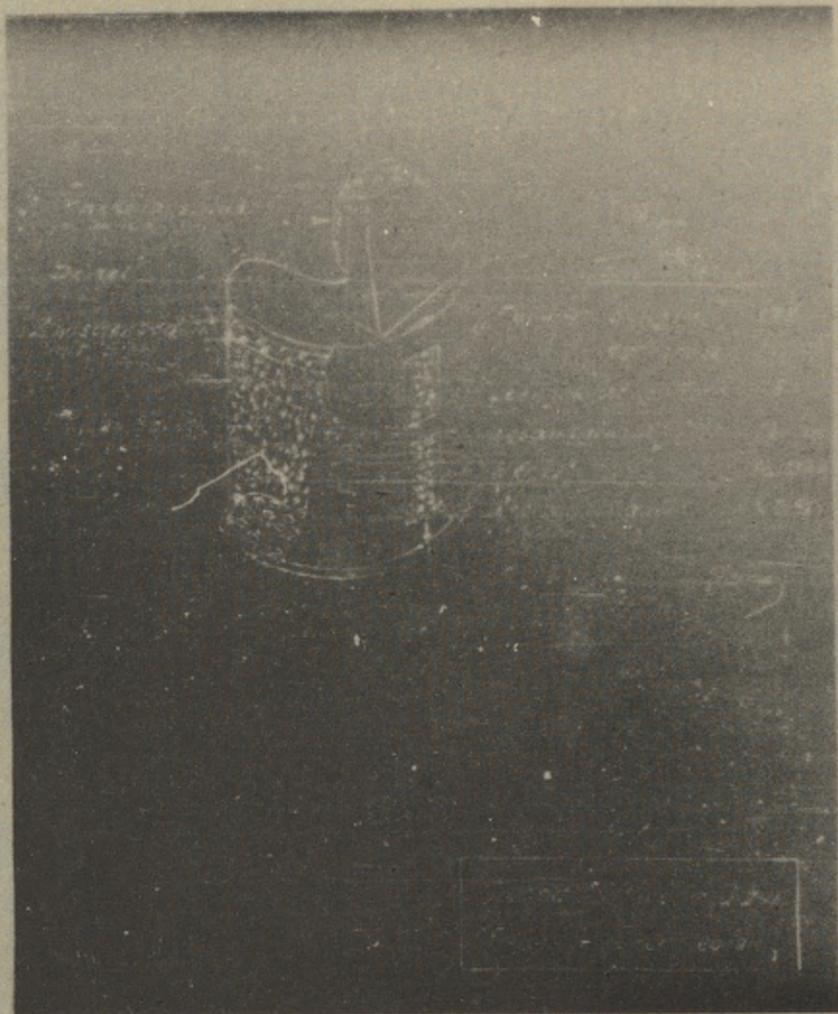


Abb. 2: Skizze von Model L, Wand geöffnet.

Nachteile: Gewicht der Patrone hängt an der Atemmaske. Die Versuche haben aber gezeigt, dass die Patrone wegen ihres geringen Gewichtes auch bei längeren Tragen nicht als Belastung empfunden wird und dass die Maske wegen der guten Auswuchtung der Patrone nicht vom Gesicht abgesegen wird.

B. Absorptionspatrone Modell II zum Anschluss an Atem-  
maske mittels 2 tem Faltenschlauch. Abb. 3 und 4.

Die Patrone ist flach gestaltet und besitzt eine Führungsrinne, mit welcher sie am Atemschlauch unterhalb der Schnelltrennstelle festgeklemmt wird. Eine weitere Befestigung erübrigt sich. Der Anschluss an die Atemmaske erfolgt mittels eines zweiten Faltenschlauches, dessen unteres, durch eine Leineneinlage versteiftes Ende auf eine an der Patrone angebrachte Schlauchdüse aufgeschoben wird. Bei einfriertüchtigen Masken (HM-51) muss das obere Ende dieses Faltenschlauches in den Rüssel der Maske einvulkanisiert (Ausführung ähnlich der U-Kammer-Spezialmaske) und die ringförmige Austrittsöffnung für die Ausatemluft verschlossen sein. Eine derartige Maske müsste neu angefertigt werden. Bei Verzicht auf Einfriertüchtigkeit der Maske kann aber der Ausatemschlauch durch Gummikappe und Krümmer auch an das Ausatemventil z.B. einer Maske <sup>HM 51</sup> 10/57 angeschlossen werden. In diesem Falle könnte ein bereits vorhandenes Maskenmodell wie bei Patrone I Verwendung finden.

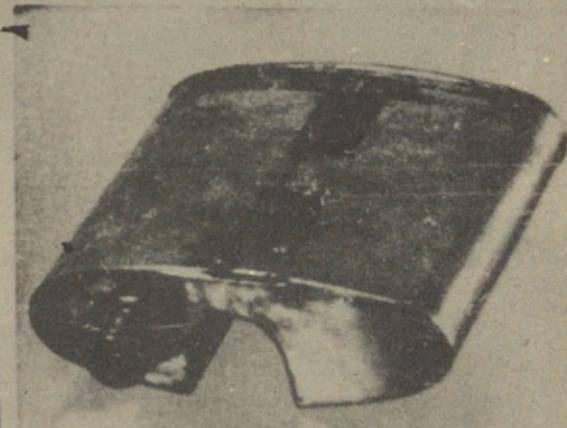
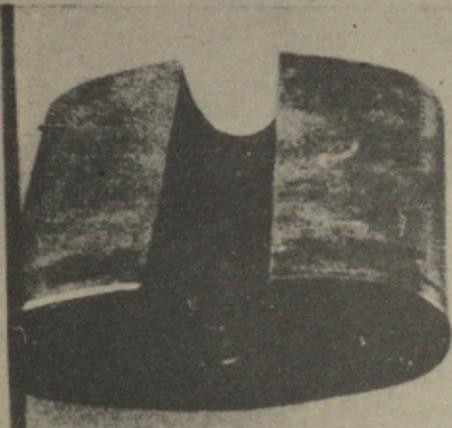


Abb. 3: Modell II.

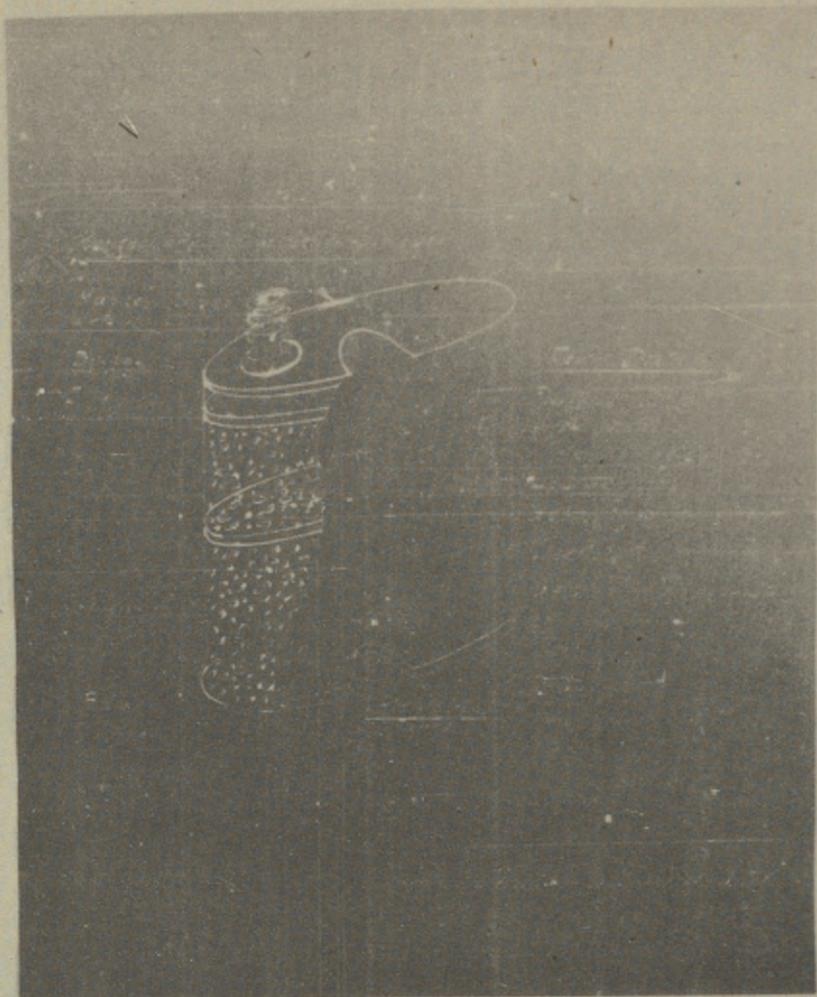


Abb. 4: Skizze von Modell II.

<u>Technische Daten:</u>	Füllung:	SILICA GEL	310 g
		Korngröße	3 - 6 mm
	<u>Leergewicht:</u>		65 g
	<u>Gesamtgewicht:</u>		375 g
	<u>Werkstoff</u>	Al.Bl.o,3	
	<u>Gebrauchsdauer:</u>		4 Std.

Vorteile: Die Atemmaske wird nur durch den 2.Faltenschlauch belastet. Das Gewicht der Patrone wird durch die Kleiderklammer aufgenommen.

Längere Gebrauchsdauer, da der Inhalt durch gewichtsmässige

Überlegungen nicht begrenzt ist.  
Einfrierreichere Masken verwendbar.

Nachteile: Bei gewünschter Einfriericherheit keine Verwendungsmöglichkeit eines bereits vorhandenen Maskenmodells.  
Auf alle Fälle grössere Behinderung des Flugzeugführers durch den 2 ten Schlauch.

V. Anwendungsmöglichkeiten der Patronen.



Abb. 5: Modell I an Atemmaske 20/67.

HMSI



Abb. 6 : Modell II an einfriertocherter # 51 (H-... ..).



Abb. 7 : Modell II an Höhenatemmaske 10/67. ... ..  
Verbindung zwischen Maske und Patrone mittels Gummikappe  
(die über des Ausatemventil gesteckt wird), ... ..  
und Faltenschlauch)

VI. Erprobung.

a) Ausatemwiderstand.

Als Forderung war ein Ausatemwiderstand von höchstens 40 mm Wassersäule gestellt. Tabelle II zeigt die Widerstandserprobung der beiden Patronentypen bei normalem und erniedrigtem Luftdruck und zwar jeweils für ruhige und stark vertiefte Atmung.

Tabelle I: Widerstandserprobungen. Drucke unter der Maske in mm Wassersäule.

n.A. = normale Atmung, H. = Hyperventilation.  
Werte ohne Patrone (Maskenwiderstand) in Klammer.

Modell I  
SILICA GEL 2 - 6 mm, Vp.S. 24.I.45

	n.A.	H.
o m	- 20 (-20) + 9 (+ 1)	- 50 (-50) + 26 (+ 9)
5000 m	- 20 (-20) + 6 (+ 1)	- 45 (-45) + 22 (+ 7)
10000 m	- 22 (-22) + 4 (+1)	- 30 (-30) + 11 (+ 4)

Modell I  
SILICA GEL 1 - 3 mm, Vp.S.24.I.45

	n.A.	H.
o m	- 24 (-24) + 15 (+ 2)	- 50 (-50) + 40 (+ 8)
5000 m	- 24 (-24) + 12 (+ 1)	- 50 (-50) + 30 (+ 6)
10000 m	- 20 (-20) + 14 (+ 1)	- 24 (-24) + 24 (+ 3)

Modell II  
SILICA GEL 3 - 6 mm, Vp.S.24.I.45

	n.A.	H.
o m	- 30 (-30) + 14 (+ 9)	- 50 (-50) + 24 (+ 6)
5000 m	- 32 (-32) + 18 (+ 8)	- 45 (-45) + 26 (+12)
10000 m	- 26 (-26) + 15 (+ 4)	- 40 (-40) + 20 (+ 8)

Gemessen wurden einmal die Widerstände von Maske und Patrone, zum anderen die der Maske allein (in Klammer). Zur Erprobung wurde für Modell I eine HM 10/67, für Modell II eine U-Kammer-Spezialmaske (entwickelt aus ~~HM 11~~<sup>10-67</sup>) verwendet. Bei Modell I wurde ausser mit einer Silica GEL-Füllung von Korngrösse 3 - 6 mm (aus später angeführten Gründen) noch eine Widerstandsmessung mit einer SILICA GEL Füllung von Korngrösse 1 - 3 mm durchgeführt.

Bei der Erprobung der Gebrauchsdauer hat sich ergeben, dass der Widerstand der Patrone auch dann nicht zunimmt, wenn die Füllung mit Wasser vollkommen gesättigt ist und sich auf der Oberfläche der Körner bereits Kondenswasser gebildet hat.

Tabelle I zeigt, dass die im Entwicklungsauftrag gestellte Forderung auch bei tiefer Atmung in jeder Hinsicht erfüllt ist. Subjektiv wird ein Atemwiderstand nicht oder nur in unerheblichem Masse empfunden.

#### b) Ermittlung von Absorptionskraft und Gebrauchsdauer der Patrone.

Zu diesem Zweck wurde die Atemluft nach Durchtritt durch die Patrone gesammelt, in eine mit SILICA GEL beschickte Vorlage geleitet und bei fortlaufender Festmung durch ein- und dieselbe Versuchsperson alle 30 Minuten das Gewicht der Patrone und der Vorlage bestimmt. Die gefundenen Werte sind in den Diagrammen der Abb. 8 aufgetragen.

Vorversuche haben gezeigt, dass bei Füllung des Modell I mit SILICA GEL von einer Korngrösse von 3 - 6 mm die Oberfläche des Absorptionsmediums nicht gross genug ist, sodass schon sehr bald Feuchtigkeit durchtritt. Dieser Mangel lässt sich durch Verwendung von feinerem Material (Korngrösse 1-3 mm) beseitigen. Bei Modell II ist die Oberfläche auch bei Füllung mit gröberem Material (3-6 mm Korngrösse) ausreichend.

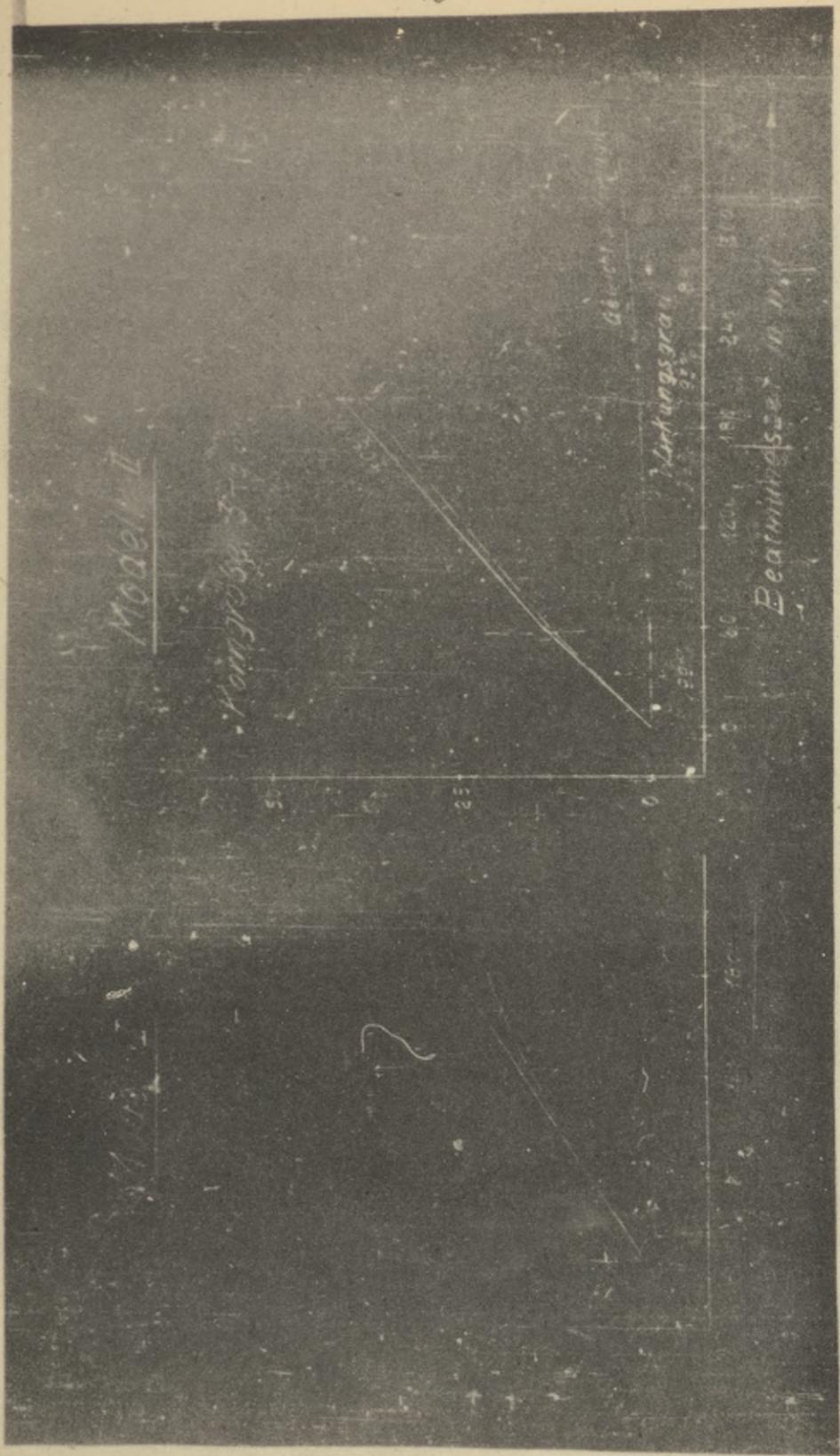


Abb. 8: Erprobung der Gebrauchsdauer (siehe Text).

Wie aus den Diagrammen hervorgeht, nimmt die Absorptionskraft der Patrone im Laufe der Benutzung gleichmäßig ab und zwar bei Modell I, welches nur das halbe Füllungsgewicht hat, doppelt so schnell wie bei Modell II. Ein plötzliches Aufhören der Trocknungswirkung findet nicht statt, da auch nach vollständiger Sättigung des SILICA GEL ein Grossteil der Atemfeuchtigkeit durch Kondensation an der Oberfläche der Körner zurückgehalten wird.

Nach orientierenden Versuchen an tiefgekühlten Spiegeln ( $-15^{\circ}$ ) und in der Kältekammer darf erwartet werden, dass die Patronen für praktische Zwecke stundenlang gebrauchsfähig bleiben. Da die Bedingungen des Einsatzes ohne Flugzeugerprobung jedoch nicht geschaffen werden können, ist eine endgültige Beurteilung der Gebrauchsdauer nicht möglich. Vorläufig kann aber bei Modell I mit einer solchen von 2 Stunden, bei Modell II mit 4 Stunden gerechnet werden (mehr als 90 % Absorption).

#### VII. Hinweise für die Herstellung und den Gebrauch der Absorptionspatronen.

Die vorliegenden Modelle sind werkstattemäßig aus lötbarem Material (Neusilber) hergestellt und erheben keinen Anspruch auf eine vollendete Ausführung. Durch Verwendung von Leichtmetall wird eine wesentliche Gewichtsersparnis zu erzielen sein.

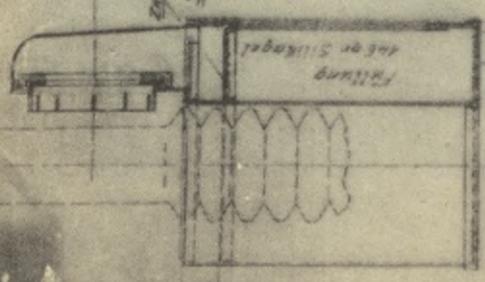
Die Führungsrinne zur Befestigung am Atemschlauch bei Modell II muss der Dicke des Atemschlauches genau angepasst sein, sodass die Patrone ohne weitere Befestigung fest sitzt.

Form und Grösse der Patrone I dürfte wesentliche Änderungen nicht vertragen, da sie den örtlichen Verhältnissen am Halse bereits weitgehend angepasst ist. Eine Vergrößerung des Modell II ist hingegen, wenn erwünscht, ohne weiteres möglich. Die Inhaltsbeschränkung für das erste Modell dürfte aber keinen nennenswerten Nachteil darstellen,

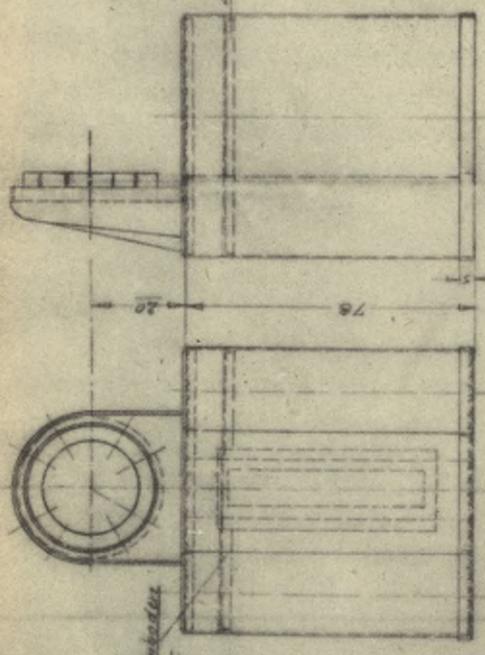
da die Mitnahme mehrerer Patronen im Flugzeug jederzeit möglich und die Auswechslung mit einem Handgriff leicht durchführbar ist.

Als ein besonderer Vorteil muss die Regenerierbarkeit der Patronen an der Front bzw. auf den Horsten angesehen werden. Es wird Aufgabe der F- und S-Warte sein, die Patronen nach Gebrauch (Inhalt rosa) zu entleeren, die Füllung zu regenerieren (Regeneriervorrichtung, notfalls Erhitzen auf Herdplatten usw.) und neu einzufüllen. Regeneriertes bzw. noch ungebrauchtes, trockenes GEL muss luft- (feuchtigkeits-)dicht verschlossen werden. Dasselbe gilt bei längerer Aufbewahrung auch für gefüllte Patronen, die gebrauchsfertig bleiben sollen.

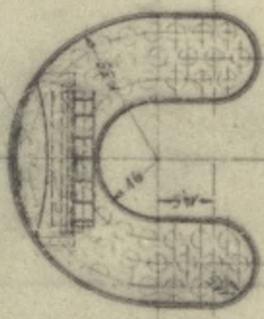
Gebrauchsfertige Patronen sind an der blauen Farbe des Inhalts zu erkennen. Es ist zu beachten, dass beim Gebrauch der Farbumschlag von blau in rosa schon nach  $1/5$  der Gebrauchsdauer einsetzt. Die Patronen können beim Einsatz auch nach erfolgtem Farbumschlag noch solange weiter verwendet werden, bis sie ihren Zweck nicht mehr erfüllen. Für den Wart ist also die Patrone verbraucht, wenn der Inhalt rosa (farblose bzw. weiße Kristalle zählen nicht) geworden ist, da sie dann zum mindesten nicht mehr ihre volle Absorptionskraft besitzt und nicht ohne weiteres festgestellt werden kann, wie stark die Patrone verbraucht ist. Ein Patronenwechsel bei Gebrauch muss aber erst dann vorgenommen werden, wenn die Benutzungszeit (Gebrauchsdauer Modell I = 2 Std., Modell II = 4 Std.) abgelaufen ist (zur Vorsicht) oder, wenn sich Anzeichen des Versagens (Scheibenbeschlag) bemerkbar machen.



A Mess Sieb  
auf Boden geätzt.



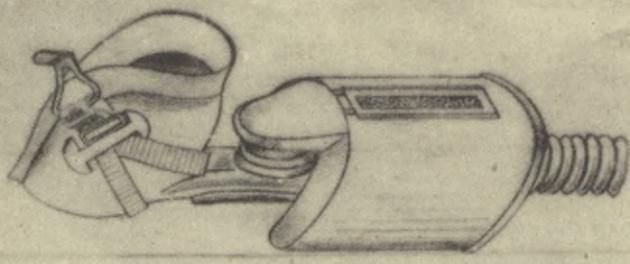
Boden 56 Löcher 5mm  $\varnothing$



42 Schlitz 0.5mm breit  
5mm tief



A Ringelband u Dichtring  
Mess  
Leber



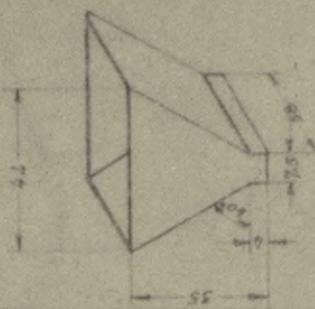
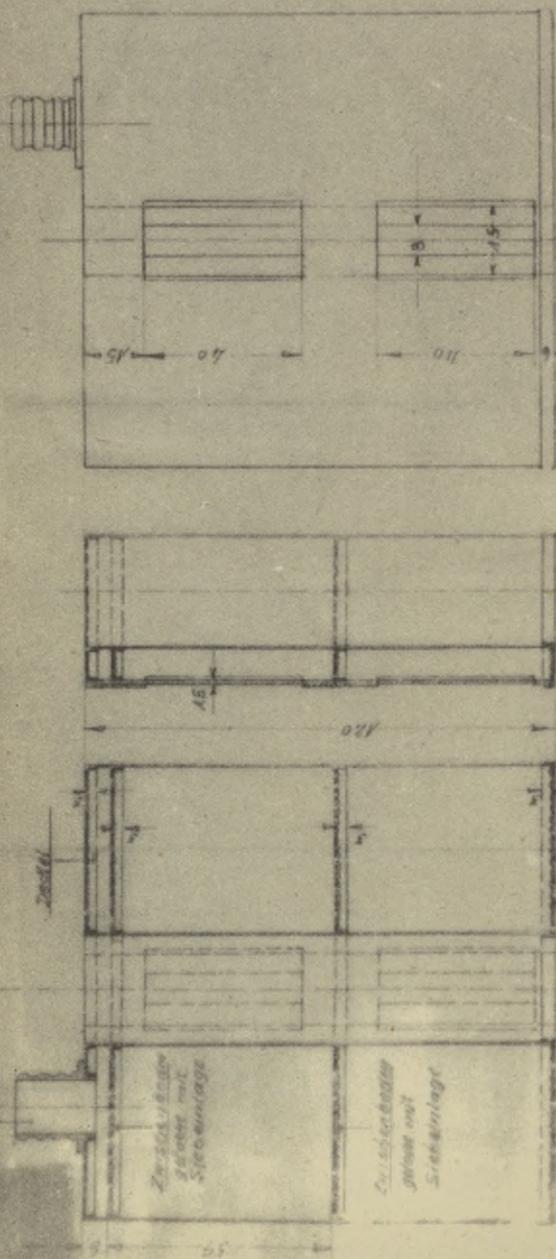
Silikonpatrone HM 15  
mit Silik. Patrone

Silikonpatrone  
Werkstoff: Ne 361.03mm  
Maßstab: 1:1

Institut für Luftfahrtmedizin  
Freising-Weihenstephan

S. Z. u. M. 1942

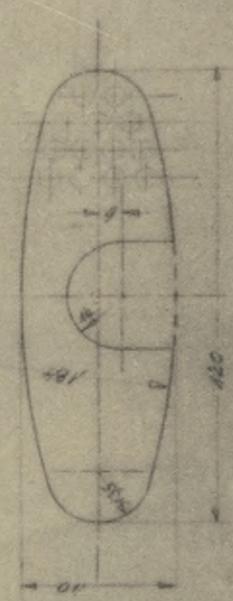




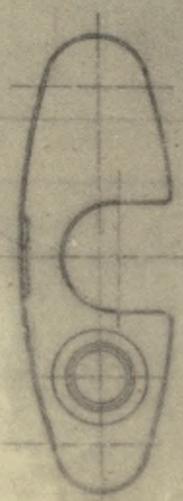
1 Filterelement hoch 40,5 mm



1 Filterelement, Mess.



lichte Weite der Patrone



Silikelpatrone  
für  
Höhentemmetrie AV-67

Werkst. Messblech 0,5 mm  
Maßstab 1:1

Zustell-Sieb, 15 x 15 x 120

Indl. für Luftfahrtechnische  
Freiung-Werkzeugbau



Aus dem Institut für Luftfahrtmedizin München

(Leiter: Oberfeldarzt Prof. G. A. WELTZ)

Zur Temperaturabhängigkeit des Erregungsvorganges im Herzen.  
=====

Von

W. L U T Z

z.Zt. Stabsarzt der Luftwaffe.

Bei Versuchen, welche dem Verhalten des Warmblüters bei Auskühlung galten, bestimmten wir u.a. die Temperaturabhängigkeit der Herzfrequenz und anderer elektrokardiographisch messbaren Zeitwerte (PQ, QRS, QT). Bei der näheren Bearbeitung der so erzielten Beobachtungen ergaben sich neben einer neuartigen Gesetzmässigkeit für die Temperaturabhängigkeit der Herzstätigkeit auch Gesichtspunkte von allgemein-biologischer Bedeutung, welche gestatten, bisher in der Literatur vorliegende Widersprüche in einem übergeordneten Gesichtspunkt aufzuheben. Dieser Umstand rechtfertigt es, auf die erwähnten Befunde ausserhalb der ursprünglichen Fragestellung gesondert einzugehen.

Hätte von vornherein die Absicht bestanden, die Temperaturabhängigkeit der Herzfrequenz und anderer Grössen unter allgemein-biologischen Gesichtspunkten zu studieren, so hätte es vielleicht nahe-gelegen, am isolierten Herzen zu arbeiten, insofern hier extracardiale Faktoren keinen Einfluss auf die Temperaturabhängigkeit ausüben. Diese Störfaktoren sind aber nicht in der Lage, das grundsätzliche Verhalten des Organs zu verwischen<sup>1,2</sup>); sonst wäre es uns auch nicht möglich gewesen, am Ganztier Gesetzmässigkeiten aufzufinden, die früheren Untersuchern am isolierten Herzen entgegen zu sein scheinen. Dass uns dies möglich wurde,

erklärt sich vielleicht aus der statistischen Art unseres Vorgehens, bei welchem die den Einzelfall in unübersichtlicher Weise belastenden Abweichungen in Fortfall kommen, sowie möglicherweise auch daraus, dass, wie wir heute wissen, das "isolierte Herz" in mancher Hinsicht ein Kunstprodukt darstellt. Ausserdem gewannen wir den Eindruck, dass die von früheren Untersuchern angewandte Narkose geeignet ist, der Reaktion des Herzens auf Auskühlung einen Grossteil ihrer Gesetzmässigkeit zu nehmen.

#### Anordnung der Versuche:

Unsere Messungen erstreckten sich auf Frequenz (Schlagintervall), Leitungsgeschwindigkeit (PQ und QRS) und Erregungsdauer (QT) an 35 Meerschweinchen, die aufrecht im Wasserbad von 0°C ausgekühlt wurden. Neben fortlaufender Nadelableitung des EKG von den beiden vorderen Extremitäten wurde die Rectaltemperatur thermoelektrisch verfolgt und in 7 Versuchen ausserdem auch die Herztemperatur direkt durch Thermonadel gemessen. Aus dem ermittelten Verhältnis von Rectal- und Herztemperatur in diesen Versuchen wurde in den übrigen Fällen die Herztemperatur aus der gemessenen Rectaltemperatur errechnet, da bei direkter Messung eine Verletzung des Herzens nicht sicher zu vermeiden gewesen wäre. Ein eventueller Fehler im Einzelfall kann dabei im Durchschnittsergebnis nicht in Erscheinung treten. Teilweise wurden während der Auskühlung höhere Sauerstoffdrucke angewendet. Die Wirkung der Druckerhöhung ist für die vorliegende Fragestellung aber unwesentlich (sie bedingt die geringen Abweichungen der abgebildeten Kurven im untersten Temperaturbereich), weshalb sie erst an anderer Stelle diskutiert werden soll.

#### Ergebnisse:

Im Schrifttum finden sich zahlreiche Angaben über die Temperaturabhängigkeit der Herzfrequenz, wobei, wie erwähnt, einander widersprechende Befunde erhoben wurden. Im allgemeinen hatten die Autoren das Bestreben, ihre Beobachtungen mit dem einfachen Temperaturverlauf chemisch physikalischer Reaktionen, der sog. RGT-Regel (van t'HOFF), in Beziehung zu setzen<sup>1,3</sup>). Indessen fand sich durchaus nicht stets der danach zu erwartende exponentielle, sondern gelegentlich auch ein linearer Gang der Herzfrequenz mit der Temperatur<sup>4</sup>). Wir werden sehen, dass unsere Versuche hier eine durchaus eindeutige Entscheidung bringen, zumal sich die gefundene Gesetzmässigkeit überraschenderweise nicht nur für die Frequenz, sondern auch für die übrigen Messgrössen als gültig erwies.

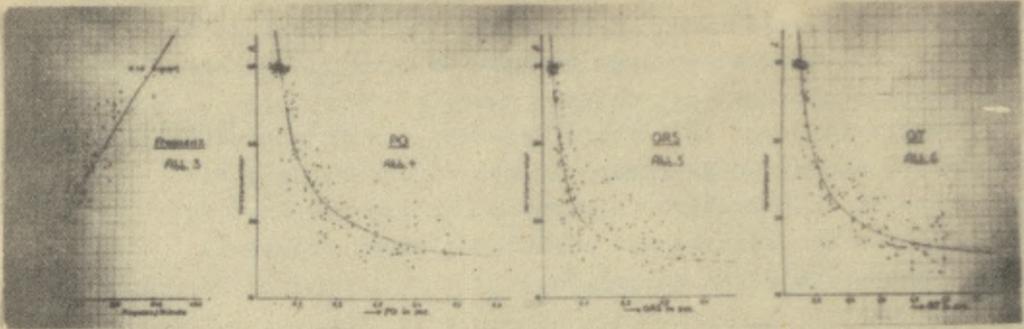


Abb. 1 - 4:  
Abhängigkeit der Herzfrequenz, Überleitungszeit (PQ),  
Ausbreitungszeit der Erregung im Ventrikel (QRS),  
und Erregungsdauer (QT) von der Herztemperatur in  
35 Auskühlungsversuchen. Die Abhängigkeit der  
Frequenz ist im Durchschnitt linear, die der  
übrigen Werte hyperbelförmig.

Wie aus den Abbildungen 1 - 4 hervorgeht, finden sich beide bisher für die Herzfrequenz behaupteten Verlaufsformen am Herzen nebeneinander, jedoch eindeutig so verteilt, dass den linearen Verlauf die Frequenz, den mehr exponentiellen die den Erregungsvorgang charakterisierenden Zeitwerte aufweisen. Dieses so überraschend verschiedene Verhalten von Funktionen desselben Substrats veranlasste uns, nach einem gemeinsamen übergeordneten Gesichtspunkt zu suchen.

In dieser Absicht rechneten wir die gefundenen Frequenzen auf Schlagintervalle um. Die Durchführung dieser Umrechnung, die der Bildung von Reziprokwerten aus der Frequenz gleichkommt, ergab nun, da die Reziprokwerte einer Geraden eine gleichseitige Hyperbel bilden ( $Y = \frac{1}{X}$ ), eine Hyperbel als Form der Temperaturabhängigkeit des Schlagintervalls.

Die so gewonnene Temperaturkurve des Schlagintervalls (Abb. 5) zeigt nun eine derartige Übereinstimmung mit dem aus den Abb. 2, 3, und 4 ersichtlichen Temperaturverlauf der Leitungsgeschwindigkeit (PQ, QRS) und der Erregungsdauer (QT), dass die analoge Form aller dieser Abhängigkeiten sofort in die Augen springt und so geradezu zu dem Versuch auffordert, den gekrümmten Verlauf von PQ, QRS

und QT seinerseits durch Bildung der Reziprokwerte in einen linearen zu verwandeln. Damit wäre die Temperaturabhängigkeit auch der Erregungszeitwerte als hyperbolisch erwiesen. Es ist in Abb. 6, 7 und 8 geschehen.

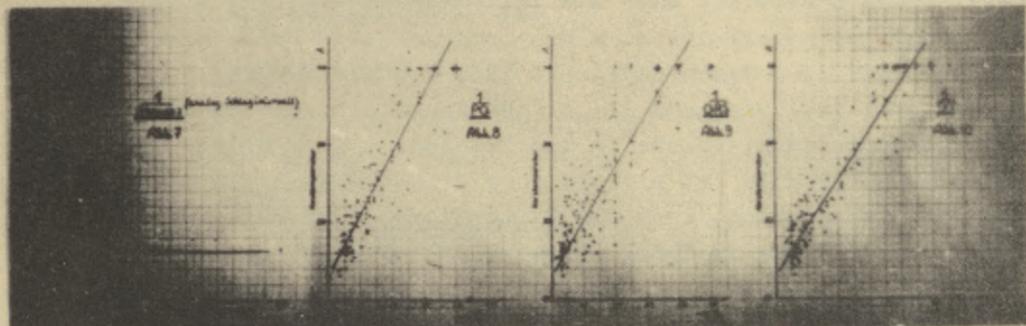


Abb. 5 - 8:

Entstanden aus den Abb. 1 - 4 durch Bildung der Reziprokwerte: Die Abhängigkeit von PQ, QRS und QT strecken sich jetzt entsprechend ihrem hyperbolischen Charakter zu Geraden, die Abhängigkeit der Frequenz wird aus einer Geraden zu einer Hyperbel.

Im grossen Durchschnitt zeigen also alle die Erregung charakterisierenden Zeitwerte des Herzens eine hyperbelförmige Temperaturabhängigkeit. Es braucht nicht dargestellt zu werden, dass in vorliegendem Falle nicht gleichzeitig eine befriedigende exponentielle Abhängigkeit (entsprechend der RGT-Regel) vorliegen kann und demnach ist auch durch Auftragung der gefundenen Werte in einfach logarithmischem Masstabe keine Streckung der Kurven zu erzielen.

Am Beispiel der Schlagfolge hat sich also gezeigt, dass sie einer linearen oder hyperbolischen Temperaturabhängigkeit folgt, je nach dem, ob man sie als Frequenz oder als Schlagintervall darstellt. Es ist daher zu vermuten, dass auch unsere reziproken Grössen  $\frac{1}{PQ}$ ,  $\frac{1}{QRS}$  und  $\frac{1}{QT}$  (Abb. 5-8) keine "imaginären" Werte sind, sondern eine biologische Bedeutung haben. Wir überlegen zu diesem Zweck folgendes: ein bestimmter

Wert für PQ sagt uns, dass der zugrunde liegende Vorgang, hier die Wanderung der Erregung vom Vorhof zur Kammer, eine bestimmte Strecke in einer gewissen Zeit zurücklegt. PQ ist also Zeit pro Weg,  $\frac{1}{PQ}$  Weg pro Zeit = Geschwindigkeit. Dasselbe gilt für  $\frac{1}{QRS}$ . Der lineare Verlauf dieser Werte in den Abb. 7 und 8 betrifft also die Leitungsgeschwindigkeit der Erregung. Da andererseits eine Frequenz in jedem Falle direkt proportional der Geschwindigkeit ist, die dem Vorgang der Frequenzbildung zugrunde liegt (man denke z.B. an die bekannte Modellvorstellung, welche in der Frequenzbildung durch den Schrittmacher eine Art elektrischen Kippvorganges sieht), so ist verständlich, dass der Temperaturverlauf auch der Herzfrequenz, wie in Abb. 1 dargestellt, ein linearer sein muss.

Wie kann man sich nun aber den linearen Verlauf der Grösse  $\frac{1}{QT}$  erklären? Das gleichartige Verhalten von  $\frac{1}{PQ}$ ,  $\frac{1}{QRS}$  und  $\frac{1}{QT}$  legt schon nahe, dass auch  $\frac{1}{QT}$  eine Geschwindigkeit darstellt. Überlegt man, wodurch die Erregungsdauer des Herzmuskels bestimmt wird, dann ist dies auch ohne weiteres klar. Die Dauer der Negativierung einer Faser ist nämlich u.a. abhängig von der Geschwindigkeit, mit der die Erregungswelle über die Faser hinwegwandert.  $\frac{1}{QT}$  ist daher analog der Geschwindigkeit der Erregungsfortpflanzung in der Herzmuskelfaser. Es zeigt sich also, dass am Herzen alle elektrophysiologischen Grössen ein- und dieselbe Temperaturabhängigkeit haben, die sich hyperbolisch oder linear darstellt, je nach dem, ob man den Vorgang als Zeit oder Geschwindigkeit sieht.

Nun gibt es hierzu Analogien auf anderen Gebieten. So ist es interessant, dass die Erregbarkeit des Froschherzens, gemessen als Zeit (Chronaxie) einen hyperbelförmigen Verlauf innerhalb eines Temperaturbereiches von 24 - 20° (nach mir zur Verfügung stehenden, bisher unveröffentlichten Versuchen von v. WERZ) zeigt. Dem entspricht es, wenn es zur exponentiellen (nach der RGT-Regel) Interpretation der beobachteten Chronaxieänderung bei Auskühlung des Froschischiadicus<sup>3)</sup> nötig ist, den  $Q_{10}$  von 1,4 bei 25° auf 5 bei 5° anwachsen zu lassen. Überhaupt ist es eine von allen Autoren übereinstimmend gemachte Erfahrung, dass man den  $Q_{10}$  mit sinkender Temperatur erheblich vergrössern muss, um die Temperaturabhängigkeit eines als Zeit dimensionierten Vorganges mit der RGT-Regel noch in Übereinstimmung zu halten (Lit. bei 6). Die am weitesten gehende Formulierung hierfür ist wohl die, den  $Q_{10}$  selbst als Funktion der Temperatur darzustellen und damit

eine Konstanz desselben auch über einen geringen Temperaturbereich nicht mehr anzunehmen<sup>7)</sup>. Da sich aber mit gleitender Vergrößerung des  $Q_{10}$  die exponentielle Kurve der hyperbolischen nähert, drängt sich die Vermutung auf, dass möglicherweise alle diese Abhängigkeiten von vornherein nicht exponentielle, sondern hyperbolische sind. Auf der anderen Seite stimmt es mit unseren Befunden am Herzen überein, dass für die Leitungsgeschwindigkeit im Nerven<sup>8,9)</sup>, für die Frequenz der Entladung von Ganglienzellen<sup>10)</sup> bzw. der Atmung von Libellenlarven<sup>11)</sup> eine lineare Temperaturabhängigkeit gefunden wurde.

Es hat also den Anschein, dass mit unseren Befunden am Herzen ein Gesetz gefunden wurde, das auch in der übrigen Biologie Gültigkeit hat: dass nämlich biologische Grössen von der "Dimension" einer Geschwindigkeit stets einen linearen, solche ~~mit~~<sup>von</sup> der "Dimension" einer Zeit einen allem Anschein nach hyperbelförmigen Temperaturverlauf erkennen lassen.

Sollte sich dies auf einer breiteren Basis bestätigen lassen, so würde es eine Klärung und Vereinfachung unserer Vorstellungen über die Temperaturabhängigkeit biologischer Prozesse bedeuten. Wenn wir uns Überlegen, dass es sich in allen Fällen unterschiedlicher Temperaturabhängigkeit letzten Endes um ein- und denselben Vorgang an der lebenden Zelle handeln muss, so ist auch verständlich, dass die Verschiedenheiten nicht dem betrachteten Objekt, sondern der gewählten Betrachtungsweise entstammen müssen.

#### Zusammenfassung:

Die am Ganztier durchgeführten Versuche hatten die Aufgabe, die Temperaturabhängigkeit des Erregungsvorganges im Herzen zu ermitteln. Für alle elektrokardiographisch gemessenen Grössen fand sich eine einheitliche Temperaturabhängigkeit, die sich für ein und denselben Vorgang hyperbolisch oder linear darstellt je nach dem, ob er als Zeit oder als Geschwindigkeit betrachtet wird. Demnach ist die Temperaturabhängigkeit von Zeiten wie: Schlagintervall, PQ, QRS und QT hyperbelförmig, die der entsprechenden Geschwindigkeiten: Frequenz, und Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung in den einzelnen Herzabschnitten linear. Eine Abhängigkeit entsprechend der RGT-Regel liegt nicht vor. Analogien zum Verhalten des Nerven, sowie gesetzmässige Abweichungen im Verhalten anderer

biologischer Grössen von der RGT-Regel-in Richtung auf die Hyperbel zu-lassen vermuten, dass die gefundenen Zusammenhänge eine allgemeine biologische Gültigkeit besitzen.

S c h r i f t t u m

- 1) GROSSE-BROCKHOFF und SCHÖDEL Arch.f.exper.Path.u.Pharm.Bd. 2ol, 417 (1943)
- 2) CYON S.erg.sächs.Ges.Wiss.(1866) zit. nach 1).
- 3) KANITZ Biol.Ztrbl. 27 (1907)
- 4) HAMILTON u.Mitarbeiter Amer. J. Physiol.118,71 (1937)
- 5) BLAIR,J. Cellul.a.comp.Physiol. 6, 291(1935)
- 6) PÜTTER,A. 1)Handb.d,norm.u.path.Physiol. 1.Bd.S.322.  
2)Temperaturkoeffizienten,Ztschr. f.allg.Phys.Bd.16 S.574-627.  
Pflügers Arch. 139, 74 (1937)
- 7) PLANK " " 146,185 (1912)
- 8) GANTER Zit. nach 6).
- 9) NICOLAI Arch.f.(Anat.u.)Physiol. 1910,S.207  
- 222
- 10) PIPER,H. Pflügers Arch. 130/477 (1909)
- 11) BABÁK u.ROČEK

## Appendix 10

Aus dem Institut für Luftfahrtmedizin München

(Leiter: Oberfeldarzt Prof. G.A. WELTZ)

Über Wesen und Ursache des Herzstillstandes bei Auskühlung.  
=====

Von

W. L U T Z

z.Zt. Stabsarzt der Luftwaffe.

Frühere Untersuchungen <sup>1)</sup> konnten in Bestätigung der v. WERZ'schen Theorie <sup>2)</sup> zeigen, dass der Kältetod bis herab zu etwa 15° Körpertemperatur nicht unmittelbar durch Kälte, sondern durch Sauerstoffmangel infolge Linksverschiebung der O<sub>2</sub>-Dissoziationskurve bedingt ist. In diesem ganzen Bereich kann der Kältetod durch Anwendung von Überdrucksauerstoff bei Auskühlung verhindert werden.

Unterhalb dieses Temperaturbereiches lässt sich dies nicht mehr erreichen, da das Herz hier trotz erhöhter Sauerstoffspannung seine Tätigkeit einstellt. Ist, wie wir fanden, in dem Temperaturbereich von 37-15° also Sauerstoffmangel der letzten Endes limitierende Faktor, so zeigte uns der auch durch hohe Sauerstoffdrucke nicht völlig vermeidbare Herzstillstand in dem darunter liegenden Bereich, dass hier die Kälte selbst durch Stilllegung des Herzens der weiteren Existenz des Tieres eine Grenze setzt. Überraschenderweise ist jedoch auch hier, wie im Folgenden zu zeigen, Sauerstoffmangel im Spiele.

Eine besondere Richtung erhielten unsere Überlegungen über die Ursache des Herzstillstandes durch die Tatsache, dass entsprechend unseren früheren Befunden <sup>1)</sup> der Herzstillstand bei Anwendung hoher Sauerstoffdrucke selbst nach langer Dauer reversibel ist, grundsätzlich also nicht als Folge einer schweren Schädigung oder Störung

des Organs, als pathologisches Ereignis, aufgefasst werden konnte. In diesem Sinne sprach auch eine in dieser Zeitschrift, von uns vor kurzem veröffentlichte Analyse des Kälte-Ekg<sup>3</sup>). Es ergab sich daher die Vorstellung, dass der Herzstillstand die Folge einer kältebedingten Verlangsamung und schliesslich Beendigung des Erregungsvorganges im Herzen sein müsste, dass ihm also ein Einschlafen der Automatie, der Erregbarkeit etc., zugrunde liegen müsste, ohne funktionelle oder gar anatomische Schädigung, zumindest irreversibler Natur.

Um diese Vorstellung als richtig zu erweisen, musste zunächst die Art der Temperaturabhängigkeit des Erregungsvorganges geklärt werden. Das Ergebnis dieser Untersuchungen wurde, soweit es allgemein biologisches Interesse beansprucht, bereits gesondert mitgeteilt<sup>4</sup>). Hier soll das Material weiter ausgewertet werden. Bezügl. der allgemeinen Versuchsanordnung sei auf die erwähnte Arbeit verwiesen.

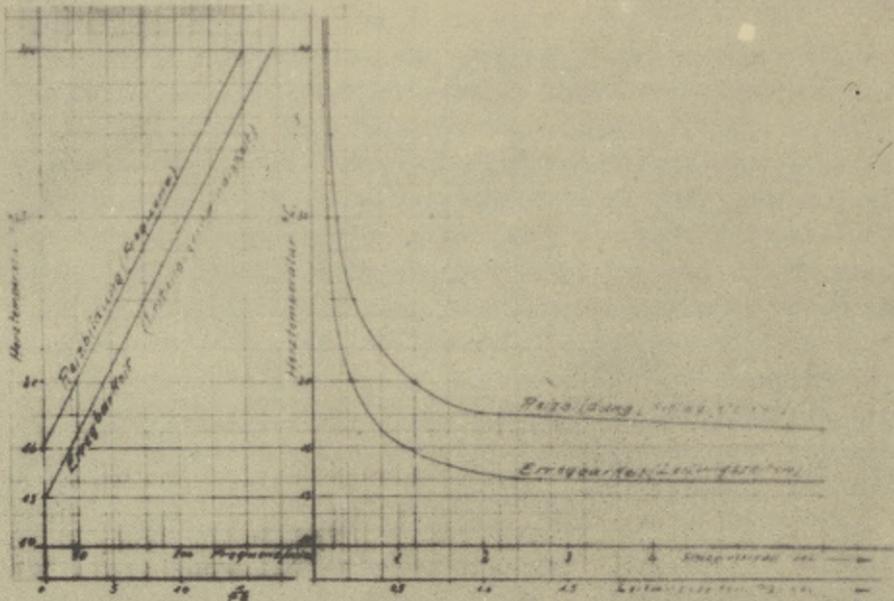
Es hatte sich dort gezeigt, dass alle Teilvorgänge der Erregung im Herzen dieselbe Temperaturabhängigkeit haben, die sich hyperbelförmig oder linear darstellt, je nach dem, ob der Vorgang als Zeit oder Geschwindigkeit betrachtet wird. So verlaufen Schlagintervall PQ, QRS und QT bei sinkender Temperatur in Form einer Hyperbel, die Frequenz und die zu PQ, QRS und QT gehörenden Geschwindigkeiten der Erregungsfortpflanzung ( $\frac{1}{PQ}$  etc) als Lineare. In beiden Fällen wird bei einer bestimmten Temperatur ein Endwert erreicht, an welchem die Geschwindigkeit der Erregungsfortpflanzung bzw. die Frequenz unendlich klein, die für einen bestimmten Vorgang (PQ etc) benötigten Zeiten hingegen unendlich gross werden. Anders ausgedrückt: mit sinkender Temperatur streben alle elektrophysiologisch messbaren Vorgänge im Herzen einem Grenzwert zu, an dem sie unendlich langsam verlaufen bzw. stillstehen. Tätigkeit und Stillstand gehen hier an der Asymptote der Hyperbel (entsprechend ihrer mathematischen Definition) sozusagen fließend ineinander über. Herzstillstand am

kritischen Punkt ist ebensogut unendlich langsamer, bzw. unendlich seltener Herzschlag, mithin ein völlig physiologisches Ereignis.

Interessanterweise unterscheiden sich nun die Hyperbeln für das Schlagintervall einerseits, die für die <sup>Reiz</sup>Zuckung (Erregbarkeit) zugehörenden Werte PQ, QRS und QT andererseits an der Lage ihrer Asymptote, d.h. in ihrer kritischen Temperatur (Abb. 1 rechts) Dasselbe gilt natürlich für die Linearen der Frequenz einerseits, der <sup>Reiz</sup>Erregungsgeschwindigkeit andererseits, an denen die Zusammenhänge in Abb. 1 links dargestellt sind. Man erkennt, dass die Asymptote der Hyperbel für das Schlagintervall bei  $16^{\circ}$ , die derjenigen für PQ, QRS und QT <sup>(gegen PQ)</sup> erst bei  $13^{\circ}$  liegt. Dementsprechend wird die Ordinatenachse (Frequenz bzw. Geschwindigkeit = 0) von der Frequenzlinie bei  $16^{\circ}$ , von der zweiten, den Werten für die Zuckung (Ausbreitungsgeschwindigkeit der Erregung) entsprechenden Geraden erst bei  $13^{\circ}$  erreicht. Mit anderen Worten, die Reizbildung (Frequenz) erlischt schon bei höherer Temperatur als die Fortpflanzung der Erregung im Herzen, das Herz bleibt stehen wegen erlöschender Reizbildung bei noch erhaltenem Ausbreitungsvermögen der Erregung und noch erhaltener Zuckungsfähigkeit.

Entsprachen diese Schlussfolgerungen der Wirklichkeit, dann musste während der Abkühlung ein Stadium auftreten, in dem das Herz spontan stillsteht, elektrisch aber noch reizbar ist. Dies liess sich tatsächlich bestätigen.

Hiezu wurde das Herz (Meerschweinchen, 5 Versuche) nach eingetretenem Stillstand bei gleichbleibender Rectaltemperatur mittels zweier subkutan am Thorax eingestochener Nadelelektroden durch die Brustwand hindurch elektrisch gereizt. Als Reizströme wurden Kondensatorentladungen (4 mF) über eine Gastriode verwendet, die dem Kippgerät des Kathodenstrahl-EkG direkt entnommen werden konnten. Es wurden Spannungen von 50 - 400 V verwendet. Als Reizfrequenz wurde 10-12 Min gewählt. Die Auskühlung erfolgte unter Sauerstoffdrücken von 12 ata, um Sauerstoffmangel mit Sicherheit ausschliessen zu können (siehe <sup>1</sup>):



**Abb.1:**

Unterschiede in der "Kälteempfindlichkeit" von Reizbildung und Erregbarkeit; dargestellt links am {linearen} Verlauf von Frequenz und Leitungsgeschwindigkeit, rechts am entsprechenden hyperbelförmigen Verlauf von Schlagintervall und Leitungszeit. Dem Schnittpunkt der Linearen mit der Abszisse Ø (links) entspricht die Lage der Hyperbelasymptoten (rechts). Die Reizbildung erlischt (im Durchschnitt) bei 16°, die Erregbarkeit erst bei 13°.

Die Versuche hatten folgendes Ergebnis:

- 1) Das Herz ist auch nach spontanem Stillstand noch reizbar, was im Auftreten eines entsprechenden Aktionsstromes erkennbar ist (Abb. 2).

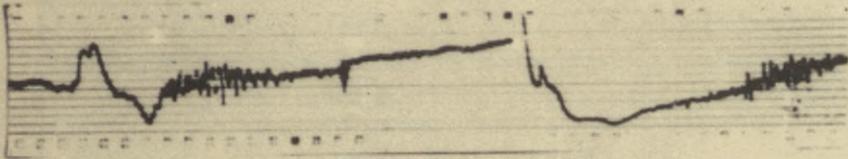


Abb. 2:

Aktionsstrom nach elektrischer Reizung des stillstehenden Herzens. Links letzter registrierter Spontanschlag, rechts künstliche Reizung (200 V, 4 mV). Die Ausschläge sind wegen Beeinflussung des Verstärkers durch den Reiz verzerrt, die Ähnlichkeit des künstlich erregten Aktionsstromes mit dem des Spontanschlages ist jedoch erkennbar. Die spindeligen Verzitterungen entsprechen einzelnen Atemzügen.

- 2) Das Herz ist unter diesen Umständen auch kontraktionsfähig. Eröffnet man den Thorax, dann zeigt das vorher stillstehende Herz auf elektrischen Reiz hin eine (in ihrer Schnelligkeit der Temperatur entsprechende) wurmförmige Kontraktion. Diese Kontraktionsform ist für das kalte Warmblüterherz typisch<sup>3)</sup>.
- 3) Die Kontraktionen erzeugen in der Kreislaufperipherie eine deutliche Blutströmung (mikroskopische Kontrolle am Mesenterium) und Transport von Tusche aus dem Herzen in die Kapillargebiete.
- 4) Die künstlich erregte Herztätigkeit erhält das Leben des Tieres, das sonst im Anschluss an den spontanen Herzstillstand erlöschen würde. Die Tabelle I gibt eine Übersicht über den Effekt, den eine fortlaufende, vor dem Eintritt des Herzstillstandes beginnende, künstliche Reizung erzielt. Wie man sieht, ist das Ausmaß der Lebensverlängerung sehr eindrucksvoll.

Tabelle I:

Lebensverlängernde Wirkung künstlicher Reizung des Herzens (100 - 400 V, 4 mF) in 10° Wasser.

Mit Reizung		Ohne Reizung	
Versuchs-Nr.	Lebensdauer	Versuchs-Nr.	Lebensdauer
22	74 Min	40	39,5 Min
28	89 "	47	56 "
44	84 "	49	38 "
59	63 "	53	37 "
60	64 "	57	59 "
Durchschnittswert:	74,8 Min		45,9 Min

Es zeigt sich also, dass der spontane Herzstillstand bei Auskühlung tatsächlich auf einem allmählichen Erlöschen der Reizbildung und zunächst nicht auf einem Verlust der Kontraktionsfähigkeit beruht, wie dies nach den vorangegangenen Ausführungen aus dem Temperaturverlauf der Frequenz einerseits, der elektrophysiologischen Werte für die Erregungsausbreitung andererseits auch zu erwarten war. - Was geschieht nun, wenn andererseits der künstliche Reiz bei einer Temperatur gesetzt wird, bei welcher auch die Asymptote für die Zuckungswerte bereits unterschritten und damit die Ausbreitung der Erregung über das Herz nicht mehr möglich ist? Um dies zu prüfen, legten wir Kondensatorentladungen von etwa 400 V mittels zweier Elektroden direkt an das freigelegte Herz bei einer Temperatur knapp unterhalb 13° C. Wir sahen dann an Stelle der bei etwas höherer

Temperatur noch wahrnehmbaren Systole nur mehr eine umschriebene, auf die nähere Umgebung der Elektrode beschränkte "lokale" Kontraktion, die Erregung wird also tatsächlich nicht mehr auf das ganze Herz fortgeleitet, sondern bleibt an der Stelle des Reizes stecken. Aus der sich mit Auskühlung immer mehr verlangsamenden Totalkontraktion entsteht so nach Unterschreiten der Asymptote für die Erregungsausbreitung ein "Aktionsphänomen", wie SCHÜTZ und LUECKEN<sup>5)</sup> es unter anderem auch schon bei Auskühlung des Warmblüterherzens gefunden und auf herabgeminderte Erregungsleitung bezogen haben.

Es fragt sich nun, ob die hyperbelförmige, bzw. lineare Verlangsamung der Erregungsvorgänge im Herzen, die übrigens, wie früher gezeigt<sup>4)</sup>, Analogien zum Verhalten anderer auch kaltblütiger Organe hat, eine ausschliessliche Folge der tiefen Temperatur ist, ob also der Herzstillstand bei Auskühlung eine reine Kältewirkung darstellt. An sich ist doch die Temperaturabhängigkeit chemisch physikalischer Reaktionen entsprechend der bekannten RGT-Regel exponentiell und dementsprechend dürften auch biologische Funktionen, sofern sie durch die Kälte nur gemäss dieser Abhängigkeit beeinflusst würden, keinen Grenzwert bei, über dem Gefrierpunkt liegenden, Temperaturen zeigen wie unsere Hyperbeln. Mit anderen Worten, das Herz dürfte bei Auskühlung niemals ganz zum Stillstand kommen. Die Kälte muss also noch anders als über die durch die RGT-Regel dargestellte Gesetzmässigkeit wirken.

Einen Hinweis auf die Natur dieses zusätzlichen Kältefaktors gibt nun die Wirkung hoher Sauerstoffdrucke auf die Herztätigkeit. Die Versuche, von denen unsere Hyperbeln stammen, wurden unter verschiedenen hohen Sauerstoffdrucken während der Auskühlung vorgenommen. Bei Zuordnung der Einzelwerte zu den verschiedenen Drucken zeigte sich schon andeutungsweise eine Abhängigkeit vom Sauerstoffdruck, ohne dass dies den

grundsätzlichen Verlauf der Temperaturabhängigkeit verwaschen konnte. Und zwar wird die Verlangsamung der Lebensvorgänge durch die Temperatur mit steigendem Druck verringert.

Sehr deutlich zeigt sich dieser Zusammenhang in der Abhängigkeit des Herzstillstandes (gemessen an der dabei beobachteten Temperatur) vom Sauerstoffdruck, wie in Abb. 3 dargestellt.

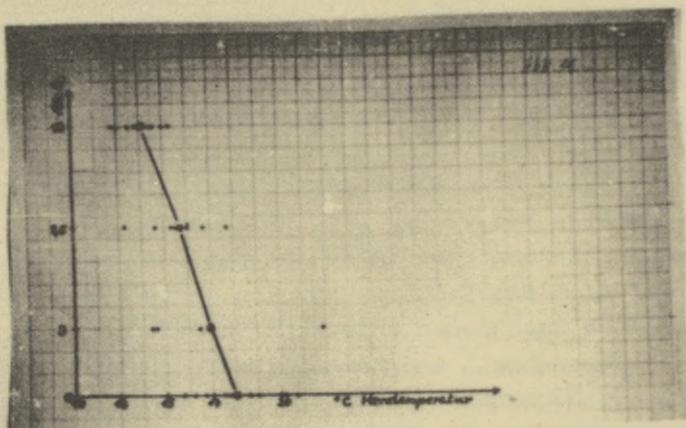


Abb. 3:  
Abhängigkeit des Herzstillstandes vom Sauerstoffdruck. Das Herz schlägt umso länger, gemessen an der Temperatur des Herzstillstandes bei gleichem Auskühlungsvorgang (Eiswasser), je höher der Sauerstoffdruck; Beeinflussung der vom mengenmässigen Sauerstoffangebot unabhängigen Kältewirkung durch hohe Sauerstoffspannungen (siehe Text).

Es gelingt so, mit ständig steigenden Sauerstoffdrucken bei fortschreitender Abkühlung in Eiswasser das Herz noch bei immer tieferer Temperatur in Tätigkeit zu halten. All dies zeigt, dass hohe Sauerstoffdrucke der Kälte entgegenwirken und zwar sind hiezu bei sinkender Temperatur immer stärker anwachsende Sauerstoffspannungen nötig. Es ist nun zu beachten, dass es sich nicht mehr darum handelt, die bei Auskühlung des Blutes absinkende Sauerstoffspannung des Hämoglobins zu paralisieren,

denn dies müsste bei etwa 3 ata erreicht sein<sup>1)</sup>. Wir sehen aber, dass weit darüberliegende Drucke noch einen Effekt in dem hier betrachteten Sinne ausüben. Wir möchten daher annehmen, dass die Steigerung der Sauerstoffspannung einer Diffusionserschwerung des Sauerstoffs vom Blut zur Zelle entgegenwirkt, die etwa durch Erstarrung von Membranlipoiden bei einer kritischen Temperatur auftreten könnte. Eine derartige Vorstellung wurde schon von anderer Seite zur Erklärung von Diffusionsschwierigkeiten in der kalten Lunge angenommen<sup>6)</sup>. Für die Richtigkeit dieser Vorstellung würde vor allem sprechen, dass die Drucke, die zum Ausgleich der Kältewirkung nötig sind, im kritischen Gebiet sehr schnell anwachsen, wie ja auch die Erstarrung von Lipoiden in der Nähe eines kritischen Punktes plötzlich eintritt.

Eine derartige, in einem bestimmten Bereich kritisch anwachsende Änderung der Membranstruktur mit einer daraus resultierenden Behinderung der Lebensvorgänge wäre nun auf der anderen Seite durchaus geeignet, in die Kurve der Temperaturabhängigkeit chemisch physikalischer Reaktionen (RGT) einen zweiten asymptotischen Ast anzubringen und damit aus der exponentiellen Kurve die tatsächlich beobachtete Hyperbel zu machen. Die spezifische Kältewirkung auf die Warmblüterzelle läge dann grundsätzlich in der exponentiellen Temperaturabhängigkeit chemisch-physikalischer Reaktionen, abgewandelt durch die Konsistenzänderung der Membranlipoiden mit konsekutiver Permeabilitätsstörung, in erster Linie für Sauerstoff.

Jedenfalls erweisen unsere Beobachtungen über die Antikältewirkung hoher Sauerstoffdrucke am Herzen, dass Sauerstoffmangel noch in weiterem Sinne, als bisher angenommen wurde, das Schicksal des abgekühlten Warmblüters beeinflusst. Denn zu dem durch die Erniedrigung der Sauerstoffspannung des Hämoglobins bedingten Minderangebot<sup>1,2)</sup> kommt, wie jetzt gefunden, eine zusätzliche Störung der Sauerstoffversorgung.

der Zelle; und diese ist es, welche letzten Endes auch für den Stillstand des Warmblüterherzens in Kälte verantwortlich zu machen ist.

#### Zusammenfassung:

Eine Auswertung der für die Reizbildung und Erregbarkeit im Herzen vor kurzem gefundenen hyperbelförmigen Temperaturabhängigkeit ergibt, dass die Reizbildung früher (nämlich bei 16°) der Kälte erliegt als die Erregbarkeit (bei 13°). Der Herzschlag erlischt also mit zunehmender Auskühlung wegen allmählich sich bis ins Unendliche vergrößernden Schlagintervalls bei erhaltener Erregbarkeit.

In Übereinstimmung hiezu zeigt sich, dass das bis zum Spontanstillstand ausgekühlte Warmblüterherz elektrisch noch so lange reizbar ist, bis bei 13° auch die für die Erregbarkeit gefundene äußerste Grenze erreicht ist. Reizung des Herzens unterhalb dieser kritischen Temperatur bringt wegen blockierter Erregungsausbreitung nur mehr eine lokale, auf den Ort des Reizes beschränkte Kontraktion. ("Aktionsphänomen").

Eine Schädigung oder Störung kann in diesem Verhalten nicht erblickt werden. Der Herzstillstand in Kälte ist als durchaus physiologisches Ereignis aufzufassen.

Als ursächlich für die Abweichung der am Herzen gefundenen Temperaturabhängigkeit von der RGT-Regel und damit als letzte Ursache des Herzstillstandes bei Auskühlung wird eine Störung der Sauerstoffdiffusion wegen Erstarrung der Membranlipoiden in Erwägung gezogen, denn steigende Sauerstoffdrucke sind im Stande, den Herzstillstand in Richtung auf tiefere Temperaturen hinauszuschieben.

#### S c h r i f t t u m

- 1) LUTZ, W. lin.Wschr. 22.Jahrgg.H 48/51 (1943)
- 2) v.WERZ, R. Arch.f.exper.Path,u.Pharm.Bd.202,H 6.6561(194
- 3) LUTZ, W. Ztschr.f.Kreislaufforschung im Druck
- 4) LUTZ, W. " " " in Vorbereitung
- 5) SCHÜTZ u.LUECKEN Ztschr.f.Biol. 99, 186 (1938)
- 6) DILL and FORBES Amer.J.Physiol. 132, 685 (1941)

mit Schreiben am 2. Aug. 1944  
(i. Aut. abgeheftet)

6. II 44  
3

Appendix 11

Richtlinien für das Verhalten bei elektrischen Unfällen (Scheintod).

Physikalisch - physiologische Grundlagen des elektrischen Unfalles.

1) Spannung, Stromstärke und Stromdichte.

Die Aufladung des Körpers durch statische Elektrizität (Berührung eines einzelnen Stromleiters ohne Erdung, z.B. bei Fallschirm-landung) ist als solche unschädlich. Alle elektrischen Unfälle beruhen auf dem Durchgang des elektrischen Stromes durch den Körper. Voraussetzung dafür ist Kontakt mit einem Strom zuführenden und abführenden Leiter bzw. Erde. Die zugeführte Spannung ist nur insofern von Interesse, als sie - zusammen mit dem Widerstand des Körpers - die Gesamtstromstärke bestimmt; bei feuchter Haut bzw. gutem Erdschluss können schon Spannungen über 60 V tödlichen Unfall herbeiführen.

Massgebend für die Schwere des Unfalles ist indessen nicht die den Körper durchfließende Gesamtstromstärke, sondern die in den gefährdeten, insbesondere den lebenswichtigen Organen (Herz, Medulla, Atem- und sonstige Muskeln) örtlich vorhandene Stromstärke, d.h. die Stromdichte. Während diese in der Haut umgekehrt proportional der Berührungsfläche ist, hängt sie bei den lebenswichtigen Organen des Körperinnern vom jeweiligen Verlauf der Stromschleifen ab. Tödliche elektrische Unfälle im e.S. treten deshalb nur auf, wenn stromempfindliche, lebenswichtige Organe wie Herz, Atemzentrum oder Atemmuskulatur im Stromweg liegen. So ist z.B. der Stromdurchgang Arm - Bein oder Arm - Arm gefährlicher als jener von einem Bein zum anderen. Bei ungünstiger Kombination aller dieser Faktoren können schon sehr niedrige Gesamtstromstärken tödlich wirken (Größenordnung Zehntel-Amp) und vielfach höhere andererseits unschädlich sein.

2) Mechanismus der Stromwirkung.

Der Stromdurchgang durch den Körper beruht auf dem Transport von Elektrizität, der durch Ionen als Ladungsträger vermittelt wird. Die Bewegung der Ionen gegen den Reibungswiderstand des

Lösungsmittels ist Ursache der elektrischen Wärmebildung im Körper, "Stauung" und Anhäufung der Ionen an den halbdurchlässigen Zellmembranen von Muskeln und Nerven (Polarisation genannt) ist Grundlage der erregenden (bzw. lähmenden) Wirkung. Da in der Haut die größte Stromdichte auftritt und gleichzeitig ihr Ohmscher Widerstand sehr hoch ist, überwiegt hier die Wärmewirkung (Verbrennung der Haut, Ekzemen); umgekehrt reicht dieselbe Stromstärke im Körperinnern wegen der geringen Stromdichte meist nur zu Reizwirkungen (Erregung von Nerven, von Skelett- und Herzmuskelfasern). Für den tödlichen elektrischen Unfall sind aber gerade letztere Wirkungen die entscheidenden (siehe unten).

### 3) Rolle der Periodenzahl bei Wechselströmen.

Je höher die Frequenz, d.h. je kürzer die Dauer einer Einzelperiode, desto kleiner ist der Weg, den die Ionen in diesem Bruchteil der Zeit zurücklegen. Es kommt also weniger leicht zu einer für Reizwirkungen ausreichenden Anhäufung von Ionen an den Membranen, während andererseits der pro Zeiteinheit zurückgelegte Gesamtweg der Ionen und damit auch die Durchwärmung gleichbleibt. Das ist der Grund dafür, dass bei sehr hohen Frequenzen (Diathermie) noch Stromstärken von der Größenordnung 1 Amp vertragen werden, die bei geringerer Frequenz, z.B. der des üblichen 50 periodigen Wechselstromes, unbedingt tödlich wären.

## Klinik des elektrischen Unfalles.

=====

### A. Atemlähmung.

#### 1) Asphyxie durch Tetanus der Atemmuskulatur.

Bei Durchgang des elektrischen Stromes durch den Rumpf entsteht ein tetanischer Krampfzustand der im elektrischen Felde liegenden Skelett- und Atemmuskulatur. Die Folge davon ist neben Auspressung des Blutes mit Blutüberfüllung der zentralen Strombahnen und maximaler Blutdrucksteigerung, vor allem mechanische Behinderung der Atmung. Wird der Stromdurchgang in wenigen Minuten unterbrochen, so kommt die Atmung spontan wieder in Gang und ev. eingetretene Bewusstlosigkeit schwindet rasch. Bei längerem Stromdurchgang entwickelt sich das Bild des elektrischen Scheintodes, bei dem die Behinderung der Atmung sekundär zur Erstickung des Atemstromes geführt hat.

Da in diesen Falle das Herz noch eine Zeitlang (schätzungsweise 10 bis höchstens 20 Minuten), wenn auch unmerklich, weiter schlägt, ist die Möglichkeit einer Wiederbelebung durch künstliche Atmung wie bei anderen Formen des asphyktischen Scheintodes gegeben. Diese Art des elektrischen Unfalles tritt auf bei Stromstärken, die für eine primäre Schädigung des Herzens noch nicht ausreichen.

### 2) Asphyxie durch direkte Schädigung des Atemsentrums.

Diese Form tritt bei direkter Durchströmung des Gehirns auf und ist eine Teilerscheinung der dabei eintretenden "Elektro-narkose". Auch hier hängt der Wiedereintritt der Spontanatmung von der Dauer des Stromdurchgangs bzw. dem Erstickungsgrad des Atemsentrums ab. Für die Bedeutung des Zustandes und die Wichtigkeit von künstlicher Atmung gilt deshalb das unter 1) Gesagte.

## B. Herzschädigung.

### 1) Reversible Störungen.

Bei Durchgang ausreichender Stromstärken durch den Brustkorb kann es, ausser den unter A. beschriebenen Erscheinungen von seiten der Atmung zu funktionellen Störungen der Herzstätigkeit kommen, die nicht durch Asphyxie, sondern durch direkte Wirkung des Stromes auf das Herz bedingt sind. Es handelt sich um Rhythmusstörungen durch Extrasystolie oder durch Vorhofflimmern und -flattern, bzw. in seltenen Fällen um vorübergehenden Herzstillstand, der nicht durch Kammerflimmern bedingt ist. Da Rhythmusstörungen oder anginöse Beschwerden (sog. Angina pectoris electrica) kürzere oder längere Zeit nach dem Unfall fortbestehen können, ist in solchen Fällen eine eingehende insbesondere elektrokardiographische Nachuntersuchung angezeigt.

2) Herzkammerflimmern ist leider ein sehr häufiges Ereignis bei elektrischen Unfällen und die häufigste Ursache des elektrischen Todes, da es erfahrungsgemäss nicht beherrschbar ist. Es beruht auf einer direkten Beeinflussung des Reizbildungsmechanismus im Herzen. Tierexperimentell konnte nachgewiesen werden, dass der elektrische Schlag nur in der relativen Refraktärphase, in der die Erregbarkeit der Herzmuskelfasern erst teilweise wieder-

hergestellt ist, Kammerflimmern auszulösen vermag. Interessanterweise tritt bei Durchgang von sehr hohen Stromstärken (über 5 A) Kammerflimmern nicht mehr auf, ja, in Tierexperiment sind diese Stromstärken in einzelnen Fällen sogar in der Lage, eingetretenes Flimmern wieder zu beheben. Hierin finden wir die Erklärung für die paradoxe Tatsache, dass die Gefahr des Herzkammerflimmerns mit weiter steigenden Stromstärken (z.B. bei Hochspannung) wieder abnimmt und daher Hochspannungen oft nur schwere elektrische Verbrennungen setzen.

Abgesehen von der bisher nur in einzelnen Tierexperimenten gelungenen Unterbrechung des Herzkammerflimmerns durch "elektrischen Gegenschlag", d.h. nochmalige Anwendung höherer Stromstärken, ist das Herzkammerflimmern, wie erwähnt, irreversibel. Alle möglichen ärztlichen Massnahmen haben bisher in keinem einzigen einwandfrei beobachteten Fall zum Erfolg geführt. Die Anwendung des elektrischen Gegenschlages kann leider für die Praxis nicht empfohlen werden, weil für eine sinnvolle und andere Personen nicht gefährdende Anwendung an der Unfallstelle die Voraussetzungen niemals gegeben sind.

#### Verhalten bei Unglücksfällen.

##### A. Befreiung aus dem Stromkreis.

###### 1) Bei Niederspannung (bis 380 V).

Die Befreiung des Verunglückten aus dem Stromkreis hat selbstverständlich jeder therapeutischen Massnahme vorausgehen. Oberster Grundsatz: Retter nicht gefährden! Nach Möglichkeit ist der Stromkreis an zentraler Stelle abzuschalten (Hauptschalter ausschalten, Sicherung herausdrehen, Stecker herausziehen u.ä.). Nur wenn dies nicht möglich ist, kann der Versuch gemacht werden, den Verunglückten selbst aus dem Kontakt mit stromführenden Teilen zu befreien. Dabei soll der Retter sich auf eine isolierende Unterlage (Gummimatte, mehrere Schichten zertretene Fensterscheiben etc.) stellen und den Verunglückten auch nur indirekt, d.h. mit trockener Stange, Leiste oder sonstigen Nichtleiter aus dem Stromkreis befreien.

B. Wiederbelebungsmaßnahmen.

Da es niemals möglich sein wird, einen asphyktischen Scheintod ( $A_1$  und  $A_2$ ) von Kammerflimmern zu unterscheiden, so ist in allen Fällen sofort mit künstlicher Atmung zu beginnen. Wenn erreichbar, soll (ohne, dass dadurch eine Versögerung im Beginn der künstlichen Atmung entstehen darf,) das Sauerstoffbehandlungsgerät und gegebenenfalls ein Gerät zur künstlichen Beatmung (Pulmotor, Biomotor) verwendet werden. Ausserdem ist, wenn auch mit geringer Erfolgsaussicht, die intravenöse bzw. intracardiale Anwendung von Cardiazol, Coramin und Lobelin (letzteres nur i.v.) zu versuchen. Eine intracardiale Injektion soll aber nur bei sicher festgestelltem Herstillstand vorgenommen werden.

Die künstliche Atmung ist unter allen Umständen bis zum Eintritt sicherer Todeszeichen, sonst aber 2 Stunden lang durchzuführen. Ein frühzeitiger Abbruch darf schon deshalb nicht erfolgen, weil der Laie den el. Verunglückten grundsätzlich nur für scheinbar tot hält und die Situation damit in den meisten Fällen zu günstig beurteilt. Bei zu frühzeitigem Abbruch der Wiederbelebungsversuche ist er erfahrungsgemäss geneigt, hierin die Schuld für den ausbleibenden Erfolg zu suchen.

Wiederbelebte sind zweckmässig zur Beobachtung und Nachuntersuchung einem Lazarett zuzuweisen.

**Eilige Korrektur,**  
umgehend zurückerkenn.  
**Theodor Steinkopff Verlag**  
Dresden-Blasewitz

Schriften der Deutschen Akademie der Luftfahrtforschung Bd. 7, H. 2, 1943.  
Seiten 29—94, mit 34 Abbildungen. (München 1943, P. Oldenbourg.) Preis  
kart. RM 4.10.

**Th. Benzinger: Physiologische Grundlagen für Bau und Einsatz von Stratosphärenflugzeugen.**

Der Aufsatz gibt eine lehrreiche Übersicht über die beim Höhenflug vorliegenden Umweltbedingungen und die Gefahren, die sich daraus besonders für den Kampfflieger ergeben. Die exakte Erkenntnis dieser Umweltbedingungen ist aber gleichzeitig die Grundlage zu ihrer Überwindung und Bekämpfung.

Sauerstoffmangel macht sich, wie bekannt schon oberhalb 3000 m geltend, doch ermöglicht Sauerstoffatmung einen Flug ohne geschlossene Kabine (Druckkabine) bis zu 12000 m Höhe, da dann in der Lunge etwa dieselbe O<sub>2</sub>-Konzentration herrscht wie ohne O<sub>2</sub>-Atmung bei 3000 m. Oberhalb 12 km sinkt die Sauerstoffspannung aus vorwiegend physiologischen Gründen schneller ab, so daß von dieser Grenze an längere Flüge nur im Kabinenflugzeug möglich sind, in dem künstlich eine „Binnenhöhe“ entsprechend 7—8000 m gehalten wird, während man sich beim friedensmäßigen Flug (ohne Gefahr des Beschusses mit Kabinenleck) 2000—3000 m Binnenhöhe „leisten“ kann, also ein Fliegen ohne Sauerstoffgerät. Die Überdruckkabine ermöglicht aber nicht nur die in größten Höhen durch das O<sub>2</sub>-Gerät nicht mehr gewährleistete O<sub>2</sub>-Versorgung des Fliegers, sondern sie schützt auch vor den bei schnellem Aufstieg sonst eintretenden Beschwerden der sogenannten Druckfallkrankheit (Gelenkschmerzen, Schwäche- und Lähmungserscheinungen oder Kollaps), die durch rasche Entbindung des im Blute gelösten Stickstoffs bedingt wird. Andererseits kommt es bei Zertrümmerung der Druckkabine bzw. Entstehung eines Lecks zu um so plötzlichem Drucksturz, mit der Gefahr akut-tödlichen O<sub>2</sub>-Mangels, dessen Eintrittsgeschwindigkeit von verschiedenen Autoren in Tier- und Selbstversuchen genau bestimmt wurde, da die Kenntnis dieser Überlebenszeit bzw. der bis zum Eintritt von Bewußtlosigkeit für Rettungsmaßnahmen verfügbaren Zeitspanne von größtem luftfahrtmedizinischem Interesse ist. In Höhen zwischen 14 und 16 km wird die „Zeitreserve“ (Strughold) so kurz, daß ein Bewußtseinsverlust eben noch durch Sturzflug (Höhenrettungssturz) vermieden werden kann, nicht aber durch Absprung aus dem Flugzeug. Bei diesem stellt sich eine Form von Scheintod ein, die W. Lutz erforscht hat. Bei diesem „anoxischen Scheintod“ liegt der „Engpaß“ für die Wiederbelebung in der Herztätigkeit, während das Zentralnervensystem noch viel länger wiedererweckbar bleibt.

Beim Drucksturz entsteht in der Lunge ein relativer Überdruck, der bei geschlossener Stimmritze zur Einpressung von Alveolarluft in den Lungenkreislauf mit vorübergehender Drucksturzapoplexie (R. Rössle) führen kann.

Trotz all dieser Gefahren ist bis 17 km Höhe „keine der Höhenwirkungen so schwer, daß nicht für Notmaßnahmen (d. h. zur Rettung; d. Ref.) eine Zeit bliebe, die technisch genutzt werden kann“. Und so schließt der Aufsatz mit der für den menschlichen Körper und die Luftfahrtmedizin gleich rühmlichen Feststellung: „Bisher ist keine physiologische Schwierigkeit aufgetreten, die uns hindern könnte, so hoch zu fliegen, wie Triebwerke und Flugzeuge uns tragen.“

**O. Gauer und H. Strughold: Röntgenkinematographie im Dienste der physiologischen Beschleunigungsforschung.**

Es wird Mitteilung gemacht „von der ersten erfolgreichen Anwendung der Röntgenkinematographie auf dem Gebiete der physiologischen Fliehkraftforschung“. Die ins einzelne gehende Analyse des demonstrierten Films ist inzwischen in „Luftfahrtmedizin“ (1943) veröffentlicht worden.

Die Druckfall-Atelektase und ihr Einfluss auf die Rettungs-  
möglichkeit aus Höhen über 20,000 m.

In früheren Untersuchungen war gefunden worden, dass nach kurzen und plötzlichen Aufenthalt in sehr grossen Höhen (Zerstörung einer Druckkabine und Fallschirmabsprung) das Erlöschen der Lebenserscheinungen keinen Tod sondern nur einen Scheintod bedeutet. Wiederbelebung ist möglich, wenn beim Abstieg die Lunge mit Sauerstoff gefüllt wird. Die Menge des während des Fallschirmabsprunges in die Lunge eindringenden Sauerstoffes ist entscheidend für den Wiederbelebungserfolg.

Von Diringshofen, Schubert und Grüner, Kilches haben nun auf das häufige Auftreten einer Atelektase nach Drucksturz hingewiesen. Da eine Atelektase oder eine Teilatektase den verfügbaren Gasraum der Lunge verringert, musste erwartet werden, dass sie auf die Wiederbelebungschancen Einfluss nimmt.

Voruntersuchungen haben gezeigt, dass die bisher vorliegenden Erklärungen für das Entstehen der Atelektase nicht befriedigen können. Es wurde daher versucht, roentgenologisch einen Einblick in die Verhältnisse zu gewinnen. Die Roentgenbilder zeigen in Höhen über der Siedepunktgrenze (48 mm Hg) eine in ihrem Ausmass völlig überraschende intrathorakale Gasbildung. Das Gas ist innerhalb des Herzens und der grossen Gefässe leicht erkennbar. Vorhöfe und rechter Ventrikel also Höhlen mit geringen Gegendruck, sind nach kurzer Zeit vollkommen gasgefüllt und blutleer. Auch ausserhalb des Thorax, unter der Haut zwischen den Muskelbündeln, in den grossen Gefässen usw. tritt überall massive Gasbildung auf.

In der Lunge entstehendes Gas kann roentgenologisch nicht dargestellt werden, da es sich vom alveolaren Luftgehalt in seiner Strahlendurchlässigkeit nicht unterscheidet. Die Bedingungen für Gasbildung sind in der Lunge aber besonders günstig, denn

- 1) ist dieses Organ besonders blutreich und
- 2) ist die Lunge die einzige Stelle des Körpers, wo sich entstehendes Gas ungehindert ausdehnen kann, da der physiologische Luftraum der Lunge mit der Aussenwelt in freier Verbindung steht und demnach leicht ausweichen kann.

Die besondere Begünstigung der Lunge für die Entbindung von Gas ist der Grund dafür, dass eine Atelektase schon in Höhen unterhalb der Siedepunktgrenze auftreten kann und führt zu der Annahme, dass das

sich extraalveolar in der Lunge bildende Gas in Wesentlichen aus Blutgas, vermischt mit dem entsprechenden Anteil an Wasserdampf besteht. Die Atelektase entsteht also unserer Ansicht nach dadurch, dass das innerhalb des Thorax entstehende Gas sich auf Kosten des Alveolarraumes ausdehnt, die Alveolen zum Kollaps bringt wenn das extraalveolare Gas verschwindet sich nun nicht mehr entfalten können.

Für die Richtigkeit dieser Vorstellung spricht auch die Tatsache, dass eine Atelektase regelmässig auch beim plötzlichen Ausschleusen eines Versuchstieres aus grössrem Überdruck entsteht, wenn dieses Tier nicht mehr atmet und damit die Alveolen nicht mehr aktiv entfaltet. Auch hier kann für die Entstehung der Atelektase nur eine extraalveolare Gasbildung verantwortlich gemacht werden.

Versuche mit freiem Fall aus grössten Höhen nach vorherigem Drucksturz ergaben, dass man beim Kaninchen mit dem Auftreten einer Atelektase beim freien Fall aus Höhen über 24,000 m rechnen muss und dass die Atelektase unter allen dabei auftretenden Erscheinungen die einzige ist, die einen akut lebensbedrohenden Charakter hat, da sie geeignet ist, die Wiederbelebung auf das schwerste zu beeinträchtigen. Da ausserdem weitere Versuche gezeigt haben, dass eine einmal eingetretene Atelektase durch Aufblasung der Lunge von den Atemöffnungen her mit einem Überdruck von etwa 20 mm Hg gesprengt werden kann, ergäbe sich die Möglichkeit die Rettungsaussichten für Absprünge aus Höhen über 20,000 m, bei denen ein Drucksturz-Schutzanzug aus irgendwelchen Gründen nicht getragen werden kann, durch Einführung eines Fallschirm-Beatmungsgerätes nach dem Prinzip des Pulmotors wesentlich zu erhöhen.

## APPENDIX 14

Aus dem Institut für Luftfahrmedizin München

(Leiter: Oberfeldarzt Prof. Dr. G.A. Weltz)

Vorläufiger Forschungsbericht

Die Depressions- (Druckfall) Atelektase.

(Wesen, Entstehungsbedingungen, Einfluss  
auf die Rettungsmöglichkeit aus grossen  
Höhen und Gegenmassnahmen)

Von  
W. L U T Z  
Stabsarzt der Luftwaffe

### 1. Einleitung.

Aus dem bereits vorliegenden grösseren Versuchsmaterial, das in verschiedener Einsicht noch einer Ergänzung bedarf, wird über Aufforderung des Chef San. W. in dem vorliegenden vorläufigen Forschungsbericht übersichtsartig nur das zusammengestellt, was zur Beurteilung einer besonders vordringlichen praktischen Fragestellung abtig ist. Eine präzise, wissenschaftliche Bearbeitung des Materials muss einen späteren Zeitpunkt vorbehalten werden.

### 11. Forschungsziel.

Aus Tierversuchen des Instituts (Stabsarzt LUTZ, "Luftfahrmedizin", Bd. 7 S 84 (1942) ist bekannt, dass der Warmblüter sein Bewusstsein und seine Handlungsfähigkeit in grossen Höhen sehr rasch verliert. Die diesbezüglichen Zeiten für den Menschen ergaben sich für ein Bereich bis etwa 20,000 m aus den Untersuchungen der F-Stelle Rechlin (Benzinger u. Mitarbeiter) und der Flugmedizinischen Abtlg. der DVL Adlershof (RUFF, ROMBERGER etc.) Wir hatten nun in früheren Untersuchungen (Stabsarzt LUTZ, "Luftfahrmedizin", Bd. 8 S 171 (1943) "Der anoxische Scheintod") weiter gefunden, dass nach kurzen und plötzlichen Aufenthalt in sehr grossen Höhen, wie er in der Praxis z.B. nach Zerstörung einer Überdruck-Kabine und nachfolgenden schnellen Höhenverlust (Fallschirmabsprung) vorkommt, das Erlöschen der Lebenserscheinungen keinen Tod sondern nur einen Scheintod bedeutet, da das Herz, wenn auch in stark verlangsamter Frequenz, weiterschlägt und nach Eintritt günstiger Bedingungen eine Wiederbelebung ermöglicht. Es konnte ferner gezeigt werden, dass ein solcher Wiedereintritt günstiger Bedingungen spontan nicht entsteht, sondern dass hiezu entweder die passive Füllung der in Atemlähmung stillstehenden Lunge mit Sauerstoff oder eine fortlaufende künstliche Ventilation notwendig ist.

Die passive Füllung der Lunge mit Sauerstoff beim Abstieg, z.B. beim Fallschirmabsprung, ergibt sich ohne weiteres dann, wenn sich vor den Atemwegen des fallenden Körpers reiner Sauerstoff befindet, da dieser bei Erhöhung des Luftdruckes automatisch in die Lunge eindringt. Der "Abstieg mit Sauerstoff" wurde daher von uns als die Methode der Wahl zur Rettung aus grössten Höhen erkannt.

Wie unsere damaligen Versuche gezeigt hatten, verläuft die Wiederbelebung aus dem Scheintod in der Form, dass sich zunächst das Herz, von dem wieder arterialisiertem Blut durchflossen, erholt und nun sekundär Sauerstoff in das asphyktische Gewebe hineinschafft. Das Herz stellt mit seiner im Scheintod verbleibenden Restfunktion den Engpass für die Wiederbelebbbarkeit dar. Erfolgt die Herstellung einer sauerstoffmässig ausreichenden Alveolaratmosphäre und damit die Wiederarterialisierung des Lungenblutes zu spät, dass kommt es zu keiner Erholung des Herzens mehr und auch die Wiederbelebung des Tieres bleibt aus.

Die Wiederbelebung selbst erfolgt in sehr eindrucksvoller Weise, welche durch das vom niederen (phylogenetisch älteren) zu höheren Zentren fortschreitende Wiedererwachen des Zentralnervensystems bedingt ist. ("Postanoxischer Schock").

Das Ausbleiben der Wiederbelebung beim Abstieg in Luft im Gegensatz zu dem mit grosser Sicherheit zu erwartenden Erfolg beim Abstieg mit Sauerstoff konnten wir durch den unterschiedlichen Gehalt der Atemgase an Sauerstoff (Luft enthält  $1/5$  Sauerstoff) erklären. Die bei der einmaligen Füllung der Lunge im Verlauf des Abstieges in diese eindringende Sauerstoffmenge muss nämlich nicht nur zur Erholung des Herzens, sondern auch zur Wiederbelebung des Atemzentrums ausreichen, damit der Anschluss an die Spontanatmung erfolgen kann. Die in die Lunge eindringende Sauerstoffmenge entpuppt sich also als ausschlaggebend für den Rettungserfolg aus grossen Höhen.

Nach Abschluss dieser Arbeit wurde vom Kilches in einer Mitteilung ("Luftfahrmedizin" Bd. 7 S 35) auf das häufige Auftreten einer Atelektase oder Teilatelektase hingewiesen, nachdem schon früherhin Untersucher (v. DIRINGSHOFEN, SCHUBERT u. GRÜNER) etwas Ähnliches gefunden hatten. Da die verbleibende Lungenkapazität auf die Menge des beim Abstieg in die Lunge eindringenden Sauerstoffes einen bestimmenden Einfluss hat, musste diese sog. Drucksturz-Atelektase für unsere Fragestellung von Bedeutung sein. Am Institut wurden daher sofort Untersuchungen in dieser Richtung aufgenommen.

Es schien zunächst notwendig, die Entstehungsbedingungen der sog. Drucksturz-Atelektase zu klären, da die von KILCHES hierfür gegebene Vorstellung uns aus physikalischen Gründen nicht vertretbar schien. (Einzelheiten hierfür sollen dem ausführlichen Forschungsbericht vorbehalten werden.

### 111. Entstehungsweise der Atelektase.

Die Voruntersuchungen wurden an Mäusen durchgeführt. Sie hatten im Wesentlichen folgendes Ergebnis:

- 1) Die Totalatelektase ist ein nicht sicher reproduzierbares, also teilweise unberechenbares, jedoch ziemlich häufiges Ereignis (10 - 50%). Teil-Atelektasen sind fast in jedem Fall zu beobachten.
- 2) Der Bereich, in dem die Atelektase auftritt, liegt von etwa 16 000 m (nach KILCHES 14000 m) an aufwärts.
- 3) Die Atelektase ist umso häufiger und das Ausmass derselben umso vollkommener, je grösser die Höhe und je länger der Höhenzufenthalt ist.
- 4) Das Auftreten oder Wichtauftreten der Atelektase ist vom intra-abdominellen Druck, von der Körpertemperatur (also von der Siedepunktgrenze) und von der Art des Atemgases in Wesentlichen unabhängig. Jedenfalls konnte bei Änderung dieser Faktoren das Auftreten der Atelektase nicht gesetzmässig beeinflusst werden.
- 5) Es zeigte sich, dass die Atelektase schon bei Lebzeiten des Tieres eintreten, durch die bei frühzeitigen Abstieg den Eingriff überdauernde natürliche Atmung aber wieder gesprengt werden kann.

Man sollte zur Klärung der näheren Entstehungsbedingungen der Atelektase die Veränderungen der Lunge nach Drucksturz durch röntgenologische Untersuchungen verfolgt werden. Versuchstiere waren Mäuse, in erster Linie aber Kaninchen.

Ausgangspunkt für diesen Entschluss waren weiter zurückliegende eigene Beobachtungen über das Auftreten subcutaner Gasblasen enormen Ausmasses (siehe auch SCHUBERT u. GRÜNER) in Höhen von über 20,000 m und die Überlegung, dass Gasentbindung, wenn überhaupt, dann in erster Linie dort auftreten müsste, wo ihrer Entwicklung der geringste Gewebedruck entgegenwirkt. Wir stellten uns daher vor, dass Gas in erster Linie innerhalb des Brustkorbes entstehen müsste, da hier nicht nur kein Gegendruck, sondern infolge des elastischen Lungenzuges sogar ein kleiner Unterdruck herrscht.

#### Versuchsordnung:

Mäuse und Kaninchen, vom letzteren bisher insgesamt 13 Versuche. Unterbringung der Tiere in einem Gasbehälter, Aufsturz durch Anschluss an einen vorevakuierten Druckkessel auf Höhen zwischen 19,000 und 27,000 m nach kurzem vorherigen Aufenthalt in 12,000 m bei Sauerstoffatmung. Die Kaninchen befanden sich in Pernoctonschlaf. Röntgenaufnahmen vor Beginn und nach Beendigung des Versuches, im Höhenaufenthalt und beim Abstieg in entsprechenden Zeitabständen. Die Aufnahmen erfolgten mittels Siemens-Röntgenkugel durch die Wandung des Glasbehälters hindurch. In einigen Versuchen wurde zur Verdeutlichung der Geschehnisse am Herzen das Gasantblut durch Injektion von 20,000 Thorotrast pro Kaninchen dargestellt.

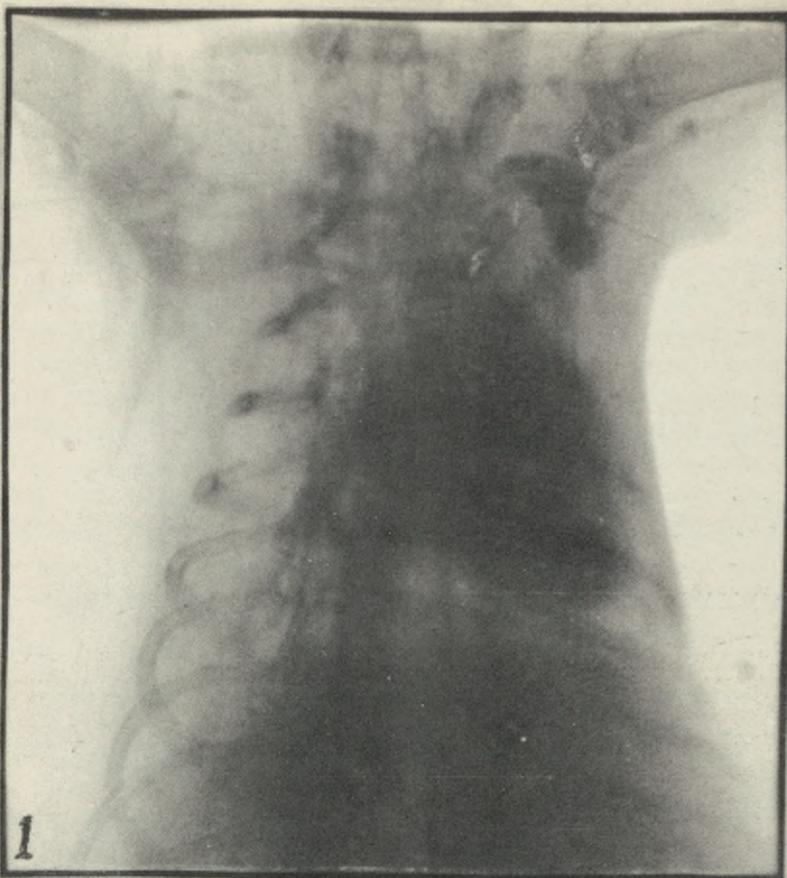


Abb. 1 (links):  
Röntgenaufnahmen vor  
Beginn des Versuches  
auf 0 Meter.

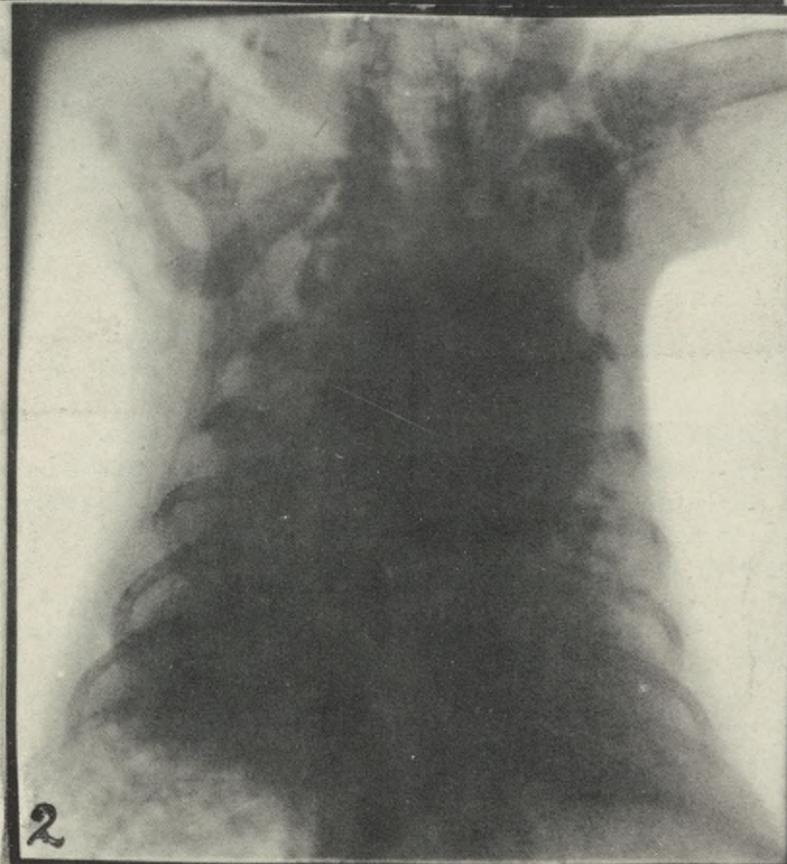


Abb. 2 (links):  
15 Sekunden nach dem  
Drucksturz. Zunahme  
des Herzvolumens und  
Verminderung des Luft-  
gehalten der Lunge  
durch Impression vom  
Blut. Erweiterung  
des Brustkorbe.

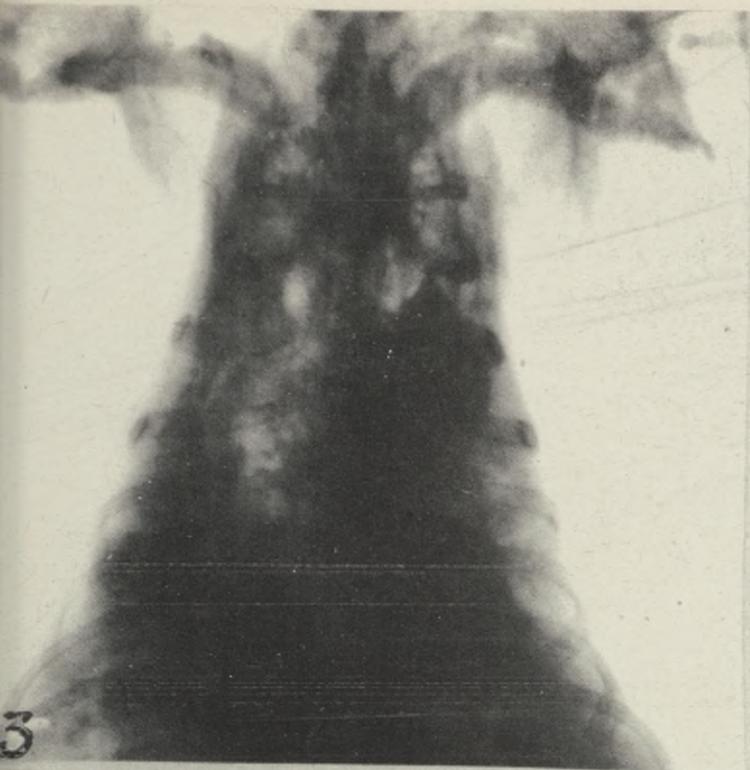


Abb. 3 (links):  
6 Minuten nach Drucksturz;  
Ausgedehnte Gasbildung im  
Herzen. Die gasgefüllten,  
ballonartig geblähten Vor-  
höfe erfüllen die ganze  
Thoraxkuppe. Brustkorb  
durch extrathorakale Gas-  
bildung zusammengedrückt.

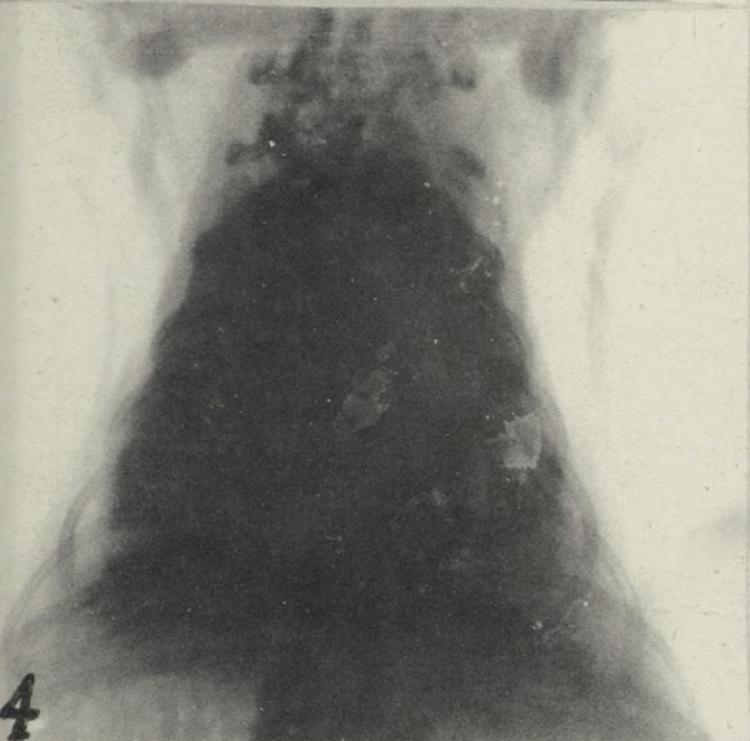
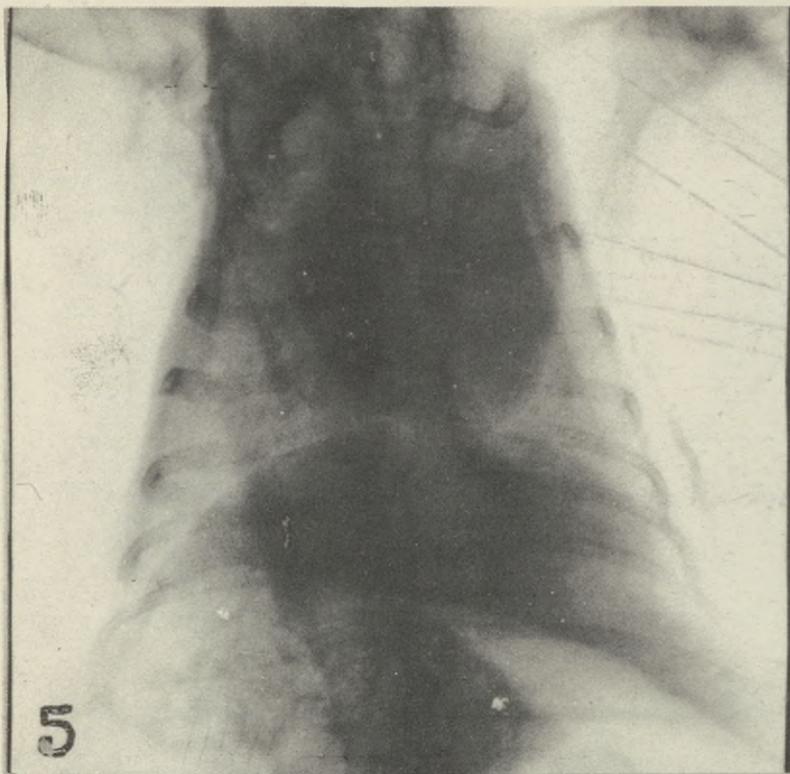


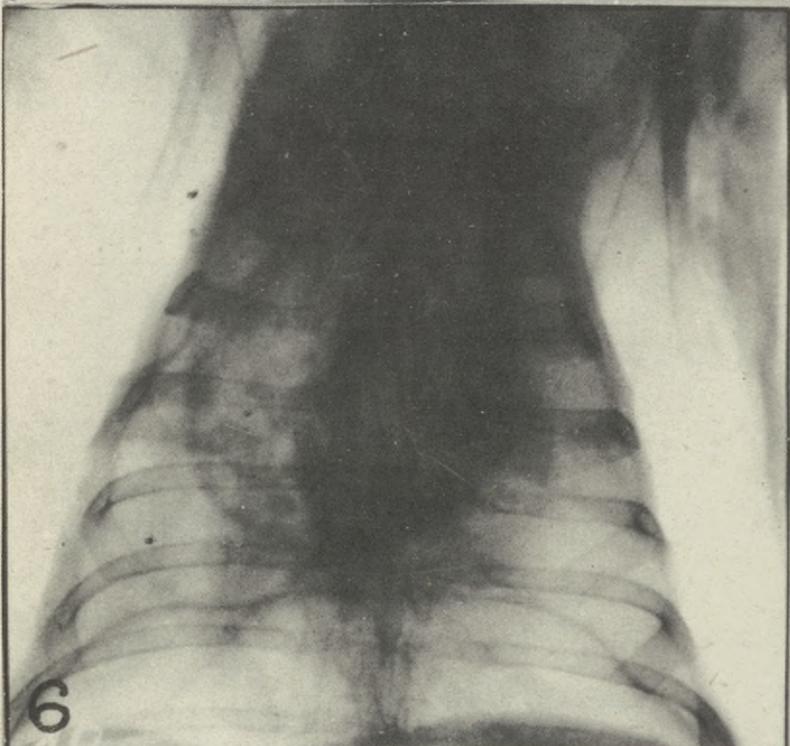
Abb. 4 (links):  
Nach Abstieg. Lunge fast  
luftleer (atelektatisch)  
Das Vakuum in Thorax wird  
durch Einstrom von Blut  
ausgeglichen.

Abb. 1 bis 4:  
Kaninchen, 39 mm Hg 21 km Höhe nach Drucksturz in 2 Sekunden. 20 ccm  
Thorotrast i.v.



5

Abb. 5:  
Abbildung der Brust-  
muskeln von Thorax  
nach 3 Minuten Auf-  
enthalt auf 21,000  
m Höhe.



6

Abb. 6:  
Gasbildung in allen  
Herzhöhlen und grosse  
subphrenische Gasblase  
nach 2 Min auf 26,500 m.  
Innerhalb der subphren-  
ischen Gasblase ist  
die cava inf. zu erken-  
nen.

Abb. 5 und 6:  
Beispiele für grosse Strukturveränderungen durch barogene Gasblasen-  
bildung.

Abb. 7 (links):

Vor Versuch auf 12,000  
m Höhe bei Sauerstoff-  
atmung.

74

Abb. 8 (links):

Nach Beendigung des Druck-  
sturzes, bei Beginn des  
freien Falles. Das Herz  
ist bereits mächtig ver-  
grössert.

8

Abb. 9 (links) u.

9

Abb. 10 (links):  
Während des Falles. Ent-  
wicklung einer Atelektase  
welche nur die zwerchfell-  
nahen Partien der Lunge  
freilässt.

10

Abb. 7 bis 10:  
4 Bilder von einem freien Fall aus 26,000 m Höhe.

Setzt man auf diese Weise ein Tier plötzlich einem Unterdruck von z.B. 39 mm Hg - 21 Höhe aus, (siehe Abb. 1-4) dann kommt es zunächst durch Expansion der Darmgase zu einer Hochdrängung des Zwerchfells und zu einer mächtigen Vergrößerung des Herzens (Abb. 2), offensichtlich durch impression vom Blut aus dem Bauch in den Brustraum, der sich dabei durch Übergang in die Inspirationsstellung zu erweitern sucht.

Etwa wo bis 90 Sek (entsprechend der Höhe) nach Beginn des Höheng Aufenthaltes ändert sich das Bild durch das Einsetzen einer Gasbildung in den Herzhöhlen, welche zunächst die Vorhöfe und den rechten Ventrikel erfasst, dass aber nach Erlöschen des Tomus auch den linken Ventrikel miteinbesieht. Im Endstadium, nach einem Aufenthalt von mehreren Minuten auf Sturzhöhe, enthält das Herz statt Blut nur mehr Gas und die Vorhöfe erfüllen wie ein geblähter Luftballen die ganze Thoraxkuppe (Abb. 3). Fast immer sind auch vena cava infer. und die Lebervenen als stark erweiterte, gefüllte Schläuche zu erkennen.

Aber schon vor Beginn der röntgenologisch sichtbaren Gasbildung im Herzen beginnt das Tier subcutan Gas zu entwickeln und seine Haut wie einen Luftreifen zu einer prallen Walze aufzublasen. Die Augen quellen hervor, selbst die Gegend des Maules, wo die Haut fest sitzt, schwillt unformig an. An einzelnen Röntgenbildern kann man auch gas-haltige Spalträume in tieferen Gewebsschichten (zwischen Brustmuskeln und Thorax, Abb. 5) erkennen.

Es ist nun ohne Weiteres verständlich, dass die Gasbildung in locker sitzenden Gewebspartien (die also einem geringeren Gegendruck entwickeln) früher und bei schon niedrigeren Drucken einsetzt als in kohärenten Schichten. Ebenso ist klar, dass Gasbildung in bluthaltigen Körperteilen durch Entbindung von Blutgasen schon bei geringeren Höhen beginnen kann als eine solche in blutarmen Partien, da letztere im Wesentlichen auf die Entwicklung von Wasserdampf angewiesen sind.

Wir können also annehmen, dass schon vor der röntgenologisch sichtbaren Gasbildung in rechten Herzen und vor der mit freiem Auge erkennbaren Gasbildung unter der Haut eine solche in den Kapillaren und lockeren Alveolarsepten der Lunge einsetzt, zumal in diesen Organ die Entbindung von Blutgasen infolge der Menge und grossen Oberfläche des vorhandenen Blutes und vor allem wegen des in der Lunge herrschenden geringen Gegendruckes besonders begünstigt sein muss. Kann sich doch in der Lunge jedes entstehende Quantum extra-alveolaren Gases auf Kosten der mit der Aussenwelt in Verbindung stehenden Alveolarluft ungehindert ausdehnen, was sonst im Körper nirgendwo der Fall ist. Mit dieser Auffassung steht die Tatsache in Übereinstimmung dass röntgenologisch eine Abnahme des Gasgehaltes der Lunge während des Höhengaufenthaltes nicht feststellbar ist, denn extraalveolares Gas lässt sich röntgenologisch natürlich nicht von alveolarem unterscheiden.

Wenn man somit die Entleerung der Alveolen röntgenologisch auch nicht direkt verfolgen kann, so kann man nach den Befunden über Gasbildung in den Herzhöhlen und in sonstigen Gefässen, die extra-alveolare Gasbildung in der Lunge keinem Zweifel unterliegen.

In Höhen oberhalb der Siedepunktsgrenze, also über 20,000 m, kommt noch ein zweiter Umstand hinzu, der die Entstehung der Atelektase beschleunigt. Es ist dies die Kompression des Brustkorbes von aussen durch die mächtige und unter hohem Druck stehende subcutane Gasblase. Innerhalb des prall aufgeblasenen, wellenförmigen Hautschlauches wird der Körper hochgradig zusammengedrückt und man sieht im Röntgenbild deutlich, wie der vor der abdominellen Volumzunahme anfangs in die Inspirationsstellung ausgewichene Thorax nunmehr von allen Seiten wieder zusammengedrückt wird (Abb. 3). Zwischen den komprimierten Thoraxwänden, dem hochstehenden Zwerchfell und dem überdehnten Herzen bleibt die Lunge nur mehr ein kleiner, fast spaltförmiger Raum. Wir glauben also mit Sicherheit annehmen zu können, dass die Depressions-Atelektase ihrer Entstehung der Steigerung des intrathorakalen Druckes durch unphysiologische Gasbildung mit Verdrängung des physiologischen Luftgehaltes der Lunge verdankt.

Das Tier hat nun in seinem Brustkorb gleichsam eine fötale Lunge deren Alveolen kein Gas mehr enthalten und die mit ihren Wänden aneinanderkleben. Schleust man ein solches Tier ab, dann gehen Gase wie Sauerstoff, Kohlensäure und Stickstoff entweder wieder in Lösung und verschwinden damit vollständig, oder sie verkleinern ihr Volumen doch sehr stark. Der Wasserdampf kondensiert. In Gegensatz zu dieser Rückbildung des paraalveolaren Gases belibt die Atelektase aber bestehen, da die feuchten Alveolarwände aneinanderkleben und ihre Adhäsion, die infolge der grossen Fläche eine beträchtliche Kraft darstellt, die Wiederentfaltung der Lunge und damit das Eindringen von Luft verhindert.

Nunmehr wird die Atelektase auch röntgenologisch manifest (Abb. 4). Die mit dem Verschwinden des paraalveolaren Gases verbundene Verkleinerung des Lungenvolumens erfolgt dabei entgegen dem elastischen Zug der Thoraxwand, die unter leuchtlicher Verbiegung der Rippen und mit Auftreten einer Art Kahnbrust sich dem verkleinerten Thoraxinhalt anpassen muss.

Die Möglichkeit einer Entstehung der Atelektase schon unterhalb der Siedepunktsgrenze (ab etwa 16,000 m) zeigt und nun, dass sie nicht nur auf die Bildung von Wasserdampf, sondern primär auf die anderer Gase, wie Sauerstoff, Kohlensäure und Stickstoff zurückgeht, wenn auch diese Gase natürlich mit der Annäherung an die Siedepunktsgrenze einen immer grösseren Anteil an Wasserdampf (in Form von Feuchtigkeit) enthalten müssen. In blutreichen Organen, wie z.B. Lunge,

Leber und natürlich auch im Gefäßsystem, kann manifeste Gasbildung weit unter der Siedepunktgrenze auftreten, während die Aufblähung der Haut und die Gasbildung in allen weniger gut durchbluteten Gebieten ein Überschreiten der Siedehöhe (20,000 m) voraussetzt, was durch das Experiment auch bestätigt wird.

Die Vielfalt der nach einem derartigen Drucksturz einsetzenden Volumverschiebungen lässt auch verstehen, warum das Auftreten einer Atelektase, wie erwähnt, in gewissen Sinne untersuchenbar ist. Es ist klar, dass dieselben Erscheinungen, die ein einerseits die intrathorakale Drucksteigerung hervorrufen und damit das Entleeren der Alveolen begünstigen, auf der anderen Seite durch Knickung und Verschluss der Bronchialwege diesen Vorgang in vielen Fällen entgegenwirken werden.

#### IV. Einfluss der Atelektase auf die Rettung aus grossen Höhen

Es wurde schon in Kap. II dargestellt, warum eine Verminderung der Lungenfüllung die Rettungsaussichten beeinträchtigt und es taucht nun die Frage auf, ob und unter welcher Bedingung man in der Praxis mit dem Auftreten einer Atelektase rechnen muss. Wie aus den schon erwähnten Tierversuchen mit wagrechten Höhengenaufenthalt, von denen die Abb. 1 bis 4 stammen, hervorgeht, ist diese Möglichkeit bei längeren Aufenthalt in grösseren Höhen ohne weiteres gegeben. Es lässt sich aus diesen Untersuchungen aber nicht entnehmen, welcher Mindestaufenthalt in welcher Höhe nötig ist, um eine Atelektase entstehen zu lassen, da die Atelektase selbst, solange der niedrige Druck besteht, röntgenologisch nicht erkannt werden kann.

Da ausserdem in der Praxis in jedem Fall einer Kabinenverletzung unter allen Umständen sofort ein Abstieg, sei es mit dem Flugzeug, bzw. Teilen desselben, sei es in freien Fall eingeleitet wird, haben wir einige orientierende Versuche mit Fallschirmabsprung bei ungezogenem Schirm durchgeführt mit der Fragestellung, ob und beim Fall aus welcher Höhe der (durch die enorme Fallgeschwindigkeit bei niedrigen Luftdruck relativ kurzzeitige) Aufenthalt in kritischen Höhen genügt, um eine Atelektase zu erzeugen, mit anderen Worten, ob in der Praxis spezielle Abwehrmassnahmen gegen die Atelektase notwendig sind oder nicht.

#### Versuchsordnung:

Zu diesem Zweck wurde mit einer früher entwickelten Apparatur der Druckverlauf in Tierkessel demjenigen beim freien Fall des üblichen bekleideten Flugzeugführers angeglichen. Um der Wirklichkeit möglichst gerecht zu werden, wurde der freie Fall erst 20 Sek nach Beginn des Druckverlustes in der Kabine begonnen. Es wurde ferner zugrunde gelegt, dass der Drucksturz nicht plötzlich, sondern innerhalb eines Zeitraumes von 15 Sek eintritt.

Um die Entwicklung einer Atelektase erkennen zu können, wurden während des Falles in verschiedenen Höhen Röntgenaufnahmen angefertigt.

Aufgrund der Tatsache, dass aus den Versuchen mit wegrechteten Höhengaufenthalt die Latenzzeit bis zum Auftreten von freien Gasen in Thoraxraum sich mit 30 bis 90 Sek je nach der Höhe ergeben hat, war zu folgern, dass beim Absprung im freien Fall aus 20,000 m Höhe und darunter wohl kaum eine Atelektase auftreten würde. Wir setzten daher 3 Absprungsversuche aus einem höheren Bereich und zwar aus 24,26 und 28 Höhe an.

Dabei zeigte sich, dass in den Absprungsversuchen aus 28 und 26 km Höhe (Abb. 7 bis 10) eine fast vollkommene Atelektase aufgetreten war, während die Lunge bei dem Absprung aus 24 km Höhe voll entfaltet blieb. (Das Tier hat diesen Absprung aus 24 km Höhe mit Sauerstoffatmung überstanden und wurde wiederbelebt.) Hieraus kann man folgern, dass man bei einem Absprung aus Höhen von 25 km aufwärts mit dem Auftreten einer Atelektase rechnen muss, obwohl die Zeit, in der sich der Flieger dabei auf Höhen über 16,000 m bewegt, ausserordentlich kurz ist. Das Ausbleiben einer Atelektase beim Fall aus 24,000 m bewist aber auf der anderen Seite noch nicht, dass bei Sprüngen aus diesen Höhen niemals Atelektase auftreten wird, sondern man muss im Gegenteil auch in dem Höhenbereich von 18,000 m bis 24,000 m zumindest mit einer Beeinträchtigung der Lungenfüllung durch extraalveolare Gasbildung und damit mit einer Verschlechterung der Wiederbelebbarkeit rechnen.

Es fragt sich natürlich, ob wir das Ergebnis dieser Kaninchenversuche quantitativ, d.h. auch in Bezug auf die ermittelte Höhe, auf den Menschen übertragen können. Während bei Versuchen über die Zeitreserve, die Überlebenszeit usw., die Grösse des Versuchstieres vor allem wegen der unterschiedlichen Kreislaufzeit eine ausschlaggebende Rolle spielt, dürfte dies in Bezug auf die Gasentbindung im allgemeinen und die Entstehung der Atelektase im besonderen nicht der Fall sein, da es hier auf den Gewebsdruck und auf eine Art Siedeverzug ankommt, also auf Faktoren, welche sich bei grossen und kleinen Tieren kaum unterscheiden dürften.

#### V. Folgerung für die Praxis.

Die Veränderungen, die der Organismus beim Aufenthalt in Höhen über 20,000 m in zunehmenden Masse erleidet, sind so schwer, dass es vom rein Erstlichen Standpunkt aus an sich überhaupt nicht zu verantworten ist, einen Menschen derartigen Umweltbedingungen ungeschützt auszusetzen. Es ist zwar aufgrund unserer wenigen Versuche und mangels einer Nachbeobachtung der Tiere im Augen-

blick nicht möglich, die Auswirkungen eines derartigen Höhengaufenthaltes abzuschätzen, doch geben die beigefügten Röntgenaufnahmen ein ungefähres Bild von der Schwere der auftretenden Strukturveränderungen. Es ergibt sich daraus, dass nur der Drucksturz-Schutzanzug, der das Auftreten derart niedriger Drucke überhaupt verhindert, als ideales Vorbeugungs- und gleichzeitig als vollgeeignetes Rettungsgerät gelten kann und dass nur Einsatzgründe im Kriege uns zwingen können, vom der Forderung des Drucksturz-Schutzanzuges abzugehen.

In diesem Fall, wo man eventuell die Einwirkungen des niedrigen Druckes im Kauf nehmen muss, kommt alles darauf an, nach Rückkehr geeigneter atmosphärische Verhältnisse (etwa unter 17,000 m), die Lunge möglichst in allen ihren Teilen rasch mit Sauerstoff zu füllen, so einen Tod des Herzens an Sauerstoffmangel zu vermeiden und damit der Wiederkehr des Lebens die Wege zu ebnen. Unter allen Umständen ist hierzu erforderlich, dass in die Lunge des frei fallenden Fliegers bis zum Erreichen des Erdbodens ausschliesslich nur reiner Sauerstoff eintritt. Wird hierzu ein Gerät verwendet, welches lediglich unter eine festsitzende Maske (die vom Luftzug nicht abgerissen wird

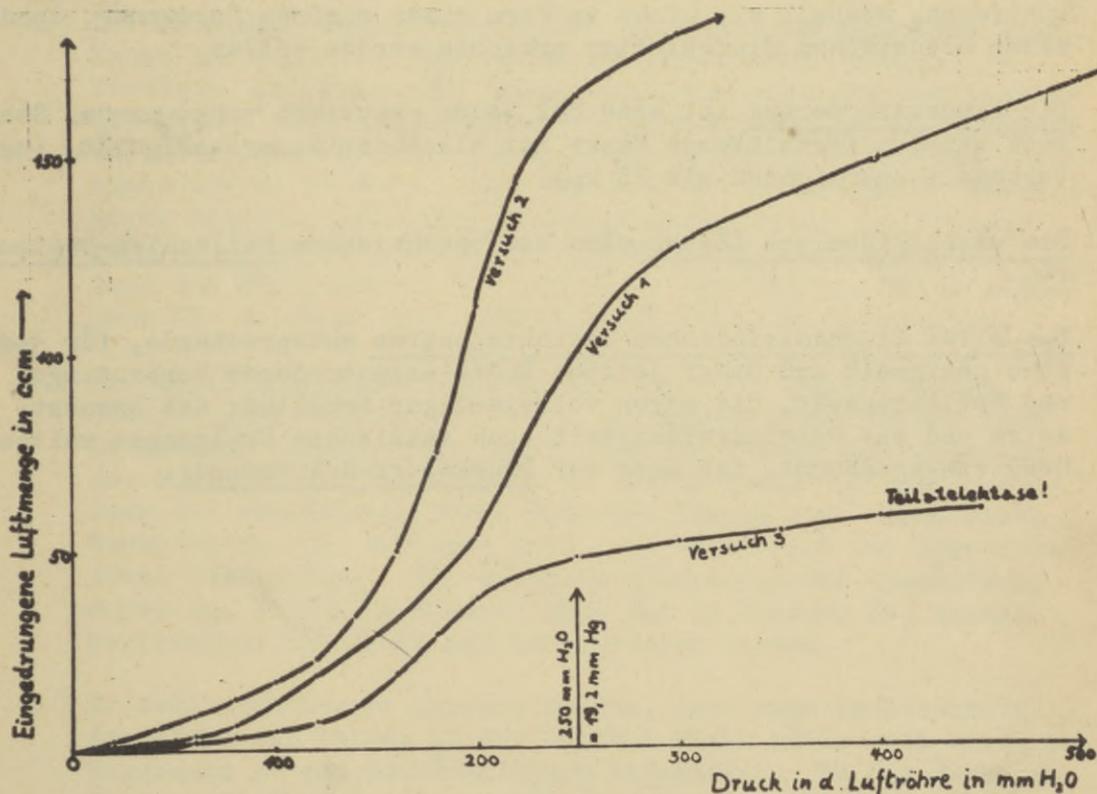


Abb. 11: Sprengung der Atelektase durch Aufblasung der Lunge von den Atemwegen aus. Die Entfaltung der Lunge ist bei einem Druck von 20 mm Hg im Wesentlichen beendet.

Sauerstoff einströmen lässt, so nimmt man die Gefahr in Kauf, dass der Durch eine etwaige Atelektase verringerte Luftraum der Lunge nicht mehr ausreicht, eine für die Wiederbelebung des Atemzentrums genügende Sauerstoffmenge zu fassen. Es muss daher die Forderung nach Beseitigung der Atelektase hinzutreten.

Wir haben nun im Tierversuch festgestellt, dass Drucke von 20 mm Hg imstande sind die Atelektase von den Atemöffnungen her zu sprengen und die Lunge wieder vollkommen zur Entfaltung zu bringen (Abb.11). Das hierzu nötige Atemgerät müsste also nicht nur unter eine festsitzende Maske reinen Sauerstoff einströmen lassen, sondern auch rhythmisch etwa 2 bis 3 mal in der Minute unter dieser Maske einen Überdruck von (sicherheitshalber) 30 mm Hg entfalten und somit den in freien Fall abstürzenden nach Erreichen einer Höhe von etwa 17,000 m fortlaufend künstlich beatmen. Ein derartiges Gerät würde nicht nur durch die Beseitigung einer entstandenen Atelektase sondern auch durch die künstliche Beatmung im Scheintod den Sicherheitsfaktor bzgl. der Wiederbelebung beträchtlich erhöhen.

Diese flugmedizinischen Gesichtspunkte werden selbstverständlich mit zahlreichen anderen fliegerischen und fabrikatorischen Erwägungen konkurrieren, weshalb sie nicht in Form einer starren Forderung, sondern einer elastischen Stufenleiter erhaben werden sollen.

Die Eindestforderung ist eine bei jedem praktisch vorkommenden Standruck absolut festsitzende Maske mit blasenden Sauerstoffgerät, (unter Vorbehalt ausreichend bis 25 km).

Die nächst idealere Lösung wäre das beschriebene Fallschirm-Beatmungsgerät.

Das allen flugmedizinischen Gesichtspunkten entsprechende, für jede Höhe geeignete und daher letzten Enden anzustrebende Vorbeutungs- und Rettungsgerät, das wegen vollständiger Erhaltung des Bewusstseins und der Handlungsfähigkeit auch taktischen Erwägungen weitgehend entgegenkommt, ist aber der Drucksturz-Schutzanzug.

Konstruktive Einzelheiten, Wirkungsweise und Leistungen.

v o n

W. L u t z  
Oberarzt der Luft waffe

A) Konstruktive Einzelheiten.

- 1.) Zur Herstellung des Anzuges genügt leichter, dünner (luftdichter) Stoff, da die Beanspruchung nur der jeweiligen Druckdifferenz zwischen 145 mm/Hg (12000 m) und dem in der Flughöhe herrschenden Atmosphärendruck entspricht. Diese Druckdifferenz ist klein, sie beträgt bei Flughöhen bis 20000 m etwa 100 mm Hg. Da normalerweise der Anzug ausserdem offen, also ohne überhöhten Innendruck getragen wird, kann die Belästigung des Trägers durch den Anzug auf ein Minimum beschränkt werden.
- 2.) Der Helm muss nicht starr sein. Es wird sich empfehlen eine Haube aus einem wie bei Gasmasken verwendeten Material zu fertigen, lediglich der Verschlussmechanismus und die Fenster sind starr zu fertigen und an geeigneten Stellen des Schädels zu unterpolstern. Dem Einbau von Kopfhörern, Mikrophon usw. steht nichts im Wege. Wenn die Fenster in geeigneter Weise gegen Beschlag gesichert werden, wird die Haube den Flieger kaum mehr behindern, als die bisher getragene Kopfschutzhülle. Auch die Möglichkeit, wie bisher in beschränkter Masse auch ohne FT zu hören (z.B. Motorengeräusch) bleibt erhalten.
- 3.) Die Atemöffnung kann ohne Schwierigkeit so gebaut werden, dass es noch möglich ist, sich von aussen etwas in den Mund zu stecken (Schockolade usw.), und sich, etwa vor besteigen der Maschine mit Umstehenden zu unterhalten. Ob der Verschluss der Atemöffnung durch Schieber, Klappe oder durch einen Gummiballon o.ä. erfolgen soll, ist eine Frage der konstruktiven Entwicklung. Zur völligen Abdichtung der Atemöffnung durch das Verschlusselement kann der im Inneren des Anzugs herrschende Überdruck mit herangezogen werden.
- 4.) Es soll noch hervor gehoben werden, dass eine individuelle Anpassung des Helmes an das Gesicht nicht nötig sein wird, im Gegensatz zu den gebräuchlichen Atemmasken. Um die Haube am Kopf zu fixieren und ein störendes Hin- und Herpendeln vor allem der Fenster zu vermeiden, könnte man die weitgeschnittene Haube mit einem Band o.ä. versehen, welches nach dem Aufsetzen angezogen wird und den Gesichtsteil der Haube mit entsprechend angebrachten Polstern an geeignete Teile des

Gesichteskelettes andrückt (Stirn, Hochbeine, Oberkiefer usw) über andere Vorteile der Haube siehe später.

- 5.) Die Konstruktion der beiden barometergesteuerten Ventile wird keine grundsätzlichen Schwierigkeiten bereiten. Ein dem Ausströmventil ähnliches Ventil findet bereits in der Membranlunge 10/38 Verwendung. Grundsätzlich gleich aber mit anderen Druckverhältnissen liegt die Sache beim Hochdruckventil, doch wird es auch hier möglich sein, durch direkte barometrische Steuerung über eine Anaeroiddose unter Vermeidung einer neuen Kraftquelle (Solenoid usw.) zum Ziele zu kommen.

Die Verwendung eines Reduzierventils wird auf alle Fälle notwendig sein, einerseits um den Schliessdruck des Flaschenventils konstant zu halten, andererseits zur Herabminderung des Druckes in Leitung- und Verschlussmechanismus.

- 6.) Bei der Grössenbemessung der Vorratsflasche ist zu beachten, dass die Aufblähung des Anzugs nach Verschluss des Ausströmventils zunächst nicht durch Einströmen von Sauerstoff, sondern durch die Expansion der im Anzug enthaltenen Luft erfolgt und dass ein nachträgliches Ausspülen dieser Luft nicht erforderlich ist, da ja der einströmende Sauerstoff den Atemöffnung des Fliegers zugeleitet wird. Der die Haube durchsetzende Sauerstoffstrom kann so voraussichtlich sehr klein gehalten werden, wahrscheinlich kleiner als der im Bläsergerät verwendete, zumal Nebenluftgefahr nicht besteht. Eine 2,6 l Flasche wird, es dem Flieger jedenfalls ermöglichen, sich in Ruhe vom Feinde zu lösen und einen Abstieg in normaler Schnelligkeit durchzuführen.
- 7.) Die Anbringung der Vorratsflasche am Körper (Oberschenkel usw.) des Fliegers löst gewisse Bedenken wegen Explosionsgefahr bei Beschuss aus. Sie ist aber nicht zu umgehen da die Schutzwirkung des Anzugs nicht zuletzt auch für den Fallschirmabsprung gedacht ist. Falls es für nötig erachtet wird, liesse sich die Flasche jedoch gegen den Körper zu durch ein Schutzschild abschirmen. Durch entsprechende Formgebung der Flasche (ovale Form) und Anordnung des Ventilmechanismus lässt sich eine Behinderung des Trägers weitgehend vermeiden.

B.) Wirkungsweise des Schutzanzuges

Wird aus irgend einem Grunde die Kabine, innerhalb der der Pilot den Schutzanzug trägt, undicht, so wird zunächst nach Absinken des Druckes auf etwa 460 mm Hg (4000 m) das Flaschenventil selbsttätig geöffnet. Der unter Druck ausströmende Sauerstoff schliesst die Atemöffnung und strömt in den Anzug ein und zwar so, dass er an den Atemöffnung des Trägers vorbeistreicht. Der Anzug wird nicht gebläht, da das erst bei 145 mm Hg schliessende Ausströmventil offen steht.

Kommt der Druckverlust der Kabine hier zum Stillstand, so arbeitet der Anzug als Sauerstoffgerät, in dem bei Geschlossener Atemöffnung der einströmende Sauerstoff den Atemöffnung des Trägers zugeleitet wird und der überschüssige Sauerstoff und die Ausatemluft durch das Ausströmventil entweichen. Dasselbe erfolgt selbstverständlich auch dann, wenn ein vollkommener Druckausgleich in einer Höhe zwischen 4000 und 12000 m stattfindet.

Geht jedoch der Druckausgleich weiter und sinkt der Druck in der Kabine unter 145 mm Hg, dann schliesst das Ausströmventil und der Anzug bläht sich. Das Ausströmventil hält den Binnendruck des Anzugs auf 145 mm Hg, unabhängig vom Aussen- druck, d.h. es funktioniert nicht als Überdruckventil, sondern es muss barometrisch gesteuert sein.

Durch die Befestigung aller zum Schutzanzug gehörender Teile am Körper des Fliegers arbeitet der Schutzanzug in jeder Situation, also völlig unabhängig vom Grad der Beschädigung der Maschine, ebenso auch nach dem Verlassen des Flugzeuges unabhängig von der Höhe, in der die Störung der Kabine eintritt und unabhängig vom Grad des Druckausgleichs wird jeweils derjenige Schutz gewährt, der im Augenblick nötig ist.

Nach Abstieg in Höhen unter 12000 m steht das Ausströmventil wiederum dauernd offen. Die Sauerstoffzufuhr und damit der Verschluss der Atemöffnung bleiben bestehen. Erst unter 4000 m Höhe wird die Sauerstoffzufuhr geschlossen, womit auch die Atemöffnung freigegeben wird. Eine Erstickung im Anzug, etwa bei Ausbleiben der Sauerstoffzufuhr (Verletzung der Leitung, Verbrauchter Vorrat) ist somit ausgeschlossen.

### C) Vorteile des Schutzanzuges.

1.) Selbsttätige Erhaltung des Lebens und der Leistungsfähigkeit des Kabineninsassen trotz Beschädigung der Kabine ohne wesentliche Behinderung des Trägers bei intakter Kabine und mit geringer Behinderung nach Verletzung der Kabine, somit Befreiung von dem Zwange, nach Beschädigung der Kabine den Flug sofort und ohne Rücksicht auf taktische Belange und auf die Gefahr eines überstürzten Sturzfluges abzubrechen.

2.) Ermöglichen eines erfolgreichen Fallschirmabsprunges auch aus Höhen, wo sonst ein Herunterkommen nicht möglich ist.

3.) Einwandfreie Sauerstoffversorgung beim Absprung durch Verwendung einer allseits geschlossenen Kopfhaube, die im Gegensatz zu Atemmasken und Ähnlichen durch den Luftzug nicht weggerissen werden kann.

4.) Milderung der Druckstürzerscheinungen (bedingt durch Ausdehnung der im Körper enthaltenen Gase) bei grossem Kabinenleck und Begrenzung desselben auf Ausgleich bis 145 mm Hg.

5.) Der Anzug macht die Anbringung jedes weiteren Sauerstoffgerätes im Flugzeug überflüssig, da er die Beatmung mit Sauerstoff selbsttätig dann übernimmt wenn es nötig ist.

6.) Ein weiterer Vorteil der geschlossenen Kophaube liegt im Schutz des Gesichtes vor hohem Standdruck beim Aussteigen aus schnellen Maschinen.

Patentanwälte: A. WEICKMANN  
Dipl. Jng. F. WEICKMANN  
Dr. Jng. A. WEICKMANN

10 NOV. 1941

M Ü N C H E N

Brunnstrasse 8 u. 9

Dr. Wolfgang L u t z, M ü n c h e n, Sendlingerstr. 30/11.AN eine Atemgasquelle angeschlossener Ueberdruckanzug für Höhenflüge .

Massgebend für die Sauerstoffversorgung eines Höhenfliegers ist der Sauerstoffteildruck der Einatemungsluft. Dieser Sauerstoffteildruck ist eine Funktion des Sauerstoffgehaltes der Einatemungsluft und des Druckes, unter dem diese steht. Es muss daher mit steigender Höhe entweder der Sauerstoffgehalt der Einatemungsluft entsprechend dem sinkenden Luftdruck erhöht, oder bei gleichbleibendem Sauerstoffgehalt der Druck, unter dem geatmet wird, konstant gehalten, d.h. über dem jeweiligen Luftdruck erhöht werden. Man hat bisher im allgemeinen wegen seiner Einfachheit den ersten Weg beschritten und die Einatemungsluft mit Sauerstoff bis zur Atmung von reinem Sauerstoff angereichert. Dabei ist einer fortgesetzten Steigerung der Flughöhe jedoch eine Grenze gesetzt, insoferne, als der Luftdruck nur bis zu einer Höhe von 12000 m ausreicht, um dem Körper auch bei Atmung von reinem Sauerstoff genügend Sauerstoff zuzuführen. Der in einer Höhe von 12000 m herrschende Druck von rund 145 mm Hg ist somit der Mindestdruck, welcher bei Sauerstoffatmung zur Erhaltung der Leistungsfähigkeit notwendig ist.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass bei Höhenflügen mit Luftatmung stets, mit Sauerstoffatmung aber mindestens ab 12000 m eine Erhöhung des Druckes in der unmittelbaren Umgebung des Fliegers vorgenommen werden muss.

Zu diesem Zwecke sind für solche Flüge Ueberdruckanzüge und Ueberdruckkabinen vorgesehen, welche den Flieger entweder von Beginn des Aufstieges oder aber von einer bestimmten Höhe an hermetisch abschliessen und ihn in die Lage versetzen, Luft oder Sauerstoff unter entsprechendem Druck zu atmen. Dieser Druck wird im allgemeinen - unabhängig von Aussendruck - im Innern des Anzuges bzw. der Kabine durch eine mechanische Vorrichtung weist durch ein Gebläse aufrechterhalten. Ueberdruckanzug und Ueberdruckkabine machen beide den Flieger unabhängig von einer Sauerstoffmaske (Atemmaske) und überhaupt frei von allen Einwirkungen des Höhengaufstieges. Die Ueberdruckkabine ist dem

Ueberdruckanzug aber insoferne beträchtlich überlegen als sie dem Insassen die volle Bewegungsfreiheit wahrt, während der Anzug seinen Träger — vor allem in aufgeblasenen Zustand — infolge seiner Steifheit ausserordentlich behindert. Aus diesem Grunde ist allgemein, im besonderen für militärische Zwecke, mit einer Bevorzugung der Ueberdruckkabine zu rechnen. Die Gefahr eines Undichtwerdens der Ueberdruckkabine ist aber zufolge ihrer grösseren Ausdehnung grösser, als die des Ueberdruckanzuges. Dazu kommt auch, dass die Ueberdruckkabine insbesondere durch äussere Einflüsse, z.B. beim Feindflug, leichter eine Beschädigung erfahren kann, als der Anzug.

Wird in grösseren Höhen, also über 12000 m, die Ueberdruckkabine beschädigt, sodass infolge Ausströmens von Luft oder Sauerstoff in der Umgebung des Piloten derselbe Druck herrscht, wie der der Atmosphäre, so hat dies trotz Einatmens reinen Sauerstoffes je nach Höhenlage einem raschen Tod durch Sauerstoffmangel zur Folge, der in 17000 m Höhe schon etwa in 20 Sekunden eintritt.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe, den Piloten oder sonstigen Insassen eines Flugzeuges ohne eigenes Zutun dann zu schützen, wenn eine Beschädigung der Kabine in grösster Höhe erfolgt ist.

Nach der vorliegenden Erfindung trägt der Insasse einer Ueberdruckkabine einen ihn allseits umschliessenden Ueberdruckanzug, in welchem eine verschliessbar Atemöffnung zunächst freigegeben ist, welche es, solange die Kabine intakt ist, dem Insassen ermöglicht, die Kabinenluft zu atmen.

Durch eine beim Vorsagen der Kabine eintretende physikalische Aenderung, z.B. durch Absinken des Druckes in der Kabine, wird die Atemöffnung selbsttätig geschlossen und/einer <sup>aus</sup> Vorratsflasche Atemgas so in den Anzug eingeleitet, dass es diesen aufbläht und an den Atemöffnungen des Fliegers vorbeistreicht.

Zweckmässigerweise besteht das Verschlusselement der Atemöffnung aus einem Hohlkörper aus faltbarem luftdichten Stoff, der, an den baromotergesteuerten Auslass der Atemgasquelle angeschlossen, in der Atemöffnung angeordnet ist und mit Dichtungsflächen des Oeffnungsrandes in Wechselwirkung steht, so zwar, dass bei Oeffnen des Auslasses der Atemgasquelle das Verschlusselement unter dem Druck des ausströmenden Atemgases sich in die Vorschlusstellung bewegt und die Atemöffnung schliesst.

Um das Atemgas in den nun allseits geschlossenen Anzug einströmen zu lassen, kann die Atemgasquelle durch eine gesonderte Leitung mit dem Innern des Anzugs verbunden sein. Besonders zweckmässig ist es jedoch, wenn der das Verschlusselement darstellende Hohlkörper auf seiner Innenseite Düsen trägt, durch die nach Abschluss der Oeffnung Sauerstoff unter Druck in das Innere des Anzugs eintreten kann.

Der Gesamtquerschnitt der vorhandenen Düsen muss, um die Atemöffnung geschlossen zu halten, natürlich enger sein, als der kleinste Querschnitt der Verbindungsleitung zwischen Sauerstoffflasche und Hohlkörper. Wenngleich die Verwendung eines Hohlkörpers aus faltbarem luftdichten Stoff am zweckmässigsten ist, so liesse sich doch die Abdichtung der Atemöffnung ebenso durch einen Schieber oder dergl. bewirken, der durch Kolben unter dem Druck des Sauerstoffes an die Abdichtungstelle gebracht wird.

Die beiliegende Zeichnung zeigt in Fig. 1 den Helm eines Ueberdruckanzuges im Längsschnitt, Figur 2 in Aufriss.

Der mit dem Fenster 10 versehene Helm 1 des im Übrigen nicht gezeichneten Druckanzuges besitzt zweckmässig in unmittelbarem Bereiche des Mundes eine Atemöffnung 2, deren Oeffnungsrand 3 als Dichtungsfläche für einen, in der Atemöffnung 2 angeordneten Hohlkörper 4 aus faltbarem, luftdichtem Stoff, z.B. Gummi oder gummierten Stoff, ausgebildet ist. In das Innere des Hohlkörpers 4 mündet eine elastische Leitung 5, die mit dem Auslass einer Sauerstoffdruckflasche verbunden ist. Die Sauerstoffflasche ist zweckmässig an der den Anzug tragenden Person angeschnallt. Sie besitzt das übliche Reduzierventil und ein durch eine Barometereinrichtung gesteuertes Verschlussventil, welches Sauerstoff austreten lässt, wenn und solange infolge zu starken Absinkens des Druckes in der Kabine Sauerstoffatmung notwendig ist. Wird also die Ueberdruckkabine aus irgend einen Grund undicht, z.B. durch Beschuss, so wird mit dem fallenden Druck in der Ueberdruckkabine, wenn sich das Flugzeug in grösserer Höhe befindet, die Barometereinrichtung das Ventil der Sauerstoffflasche öffnen und der Sauerstoff wird unter Druck in das Innere des Hohlkörpers 4 eintreten. Dieser wird aufgeblasen, schliesst zufolge seiner damit erfolgenden Ausdehnung die Oeffnung 2 ab und legt sich eng an die Oeffnungsänder unter gleichzeitiger Abdichtung an. Um eine gute Abdichtung zu gewährleisten, kann der Hohlkörper 4 zwischen Führungsbandern oder Stäben 6 angeordnet sein.

Während die den Ueberdruckanzug tragende Person so bei Beschädigung der Kabine von der Aussenwelt abgeschlossen ist, wird gleichzeitig der aus der Flasche austretende Sauerstoff unter Druck durch die Düsen 7 aus dem Hohlkörper 4 in den Anzug eingeleitet und zur Aufblähung desselben verwendet.

Es ist ohne weiteres erkennbar, dass infolge Beschädigung der Ueberdruckkabine auf diese Weise in der Umgebung des Piloten ohne dessen eigenes Zutun derjenige Sauerstoffdruck hergestellt werden kann, der zu seinem Schutz notwendig ist. Dabei ist es zweckmässig, den Anzug an passender Stelle mit einem Auströmventil 8 zu versehen, das durch den im Innern des Anzuges herrschenden Druck über die Barometereinrichtung 9 gesteuert ist und welches die Aufgabe hat, den Binnendruck des Anzuges auf geeigneter Höhe zu halten.

Der Pilot kann auch, wenn er die Sauerstoffdruckflasche samt Barometereinrichtung angeschnallt trägt, ohne weiteres mit dem Fallschirm abspringen, wobei ihn auch hierbei der durch den Anzug sichergestellte und beim Fallschirmabsprung besonders nötige Schutz zugute kommt.

Das Verschlusselement 4 in Helm 1 des Anzuges soll, um eine Erstickung des Piloten in Anzug unmöglich zu machen, die Oeffnung 3 selbsttätig freigeben, wenn aus irgend einem Grunde, z.B. bei Erschöpfung des Vorrats oder bei Verletzung der Leitung u.ä. die Sauerstoffzufuhr ausbleibt. Dieses selbsttätige Oeffnen der Verschlusseinrichtung 4 wird in der Regel bei Ausbleiben des Druckes bis zu einem gewissen Grad selbsttätig erfolgen. Es kann aber dadurch gefördert werden, dass das Bewegen des Verschlusselementes 4 in die Verschlussstellung entgegen der Wirkung irgend welcher Kräfte z.B. Federkräfte erfolgt, die nach Ausbleiben des Druckes das Verschlusselement 4 in die Oeffnungsstellung selbsttätig zurückholen. Anstelle von Federkräften können natürlich auch Gummibänder oder dergl. treten. Da das barometergesteuerte Verschlussventil der Vorratsflasche nach Wiedererreicherung atembarer Luftschichten sich schliesst wird hiedurch auch das Verschlusselement 4 der Atemöffnung 5 geöffnet und beim Abstieg die Verbindung mit der Aussenwelt wieder hergestellt.

## P a t e n t a n s p r ü c k e

- 1.) An eine Atemgasquelle angeschlossener Druckanzug für Flieger in Ueberdruckkabinen dadurch gekennzeichnet dass sowohl das Einströmen des Atemgases den Ueberdruckanzug (1), als auch ein Verschluss (4), der Atemöffnung (2) des Anzuges (1) durch die in der Kabine herrschenden Druckverhältnisse gesteuert sind.
- 2.) Ueberdruckanzug nach Anspruch 1.), dadurch gekennzeichnet, dass der Barometergesteuerte Auslauf der Sauerstoffquelle an ein sich unter dem Druck des Sauerstoffes in Verschlussstellung bewegendes Verschlusselement (4) einer Atemöffnung (2) des Helmes (1) angeschlossen ist.
- 3.) Ueberdruckanzug nach Anspruch 1.) und 2. dadurch gekennzeichnet, dass das Verschlusselement durch Hohlkörper (4) aus faltbaren, luftdichten Stoff gebildet ist, der an den Auslauf der Sauerstoffquelle angeschlossen, in der Atemöffnung (2) angeordnet ist, und mit Dichtungselementen (3) des Oeffnungsrandes in Berührung steht.
- 4.) Ueberdruckanzug nach Anspruch 1.) - 3.), dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlkörper (4) an der Innenseite Ausströmdüsen (7) trägt, deren Gesamtquerschnitt kleiner ist, als der engste Querschnitt der Verbindungsleitung (5) zwischen Sauerstoffquelle und Hohlkörper.
- 5.) Ueberdruckanzug nach Anspruch 1.) - 4.), dadurch gekennzeichnet, dass der Bewegung des Verschlusselementes in die Verschlussstellung entgegenwirkende Rückholkräfte vorgesehen sind.
- 6.) Ueberdruckanzug nach Anspruch 1.), dadurch gekennzeichnet, dass derselbe eine, durch den Druck im Innern des Anzuges gesteuerte Ausströmöffnung (8) trägt.

Fig. 1.

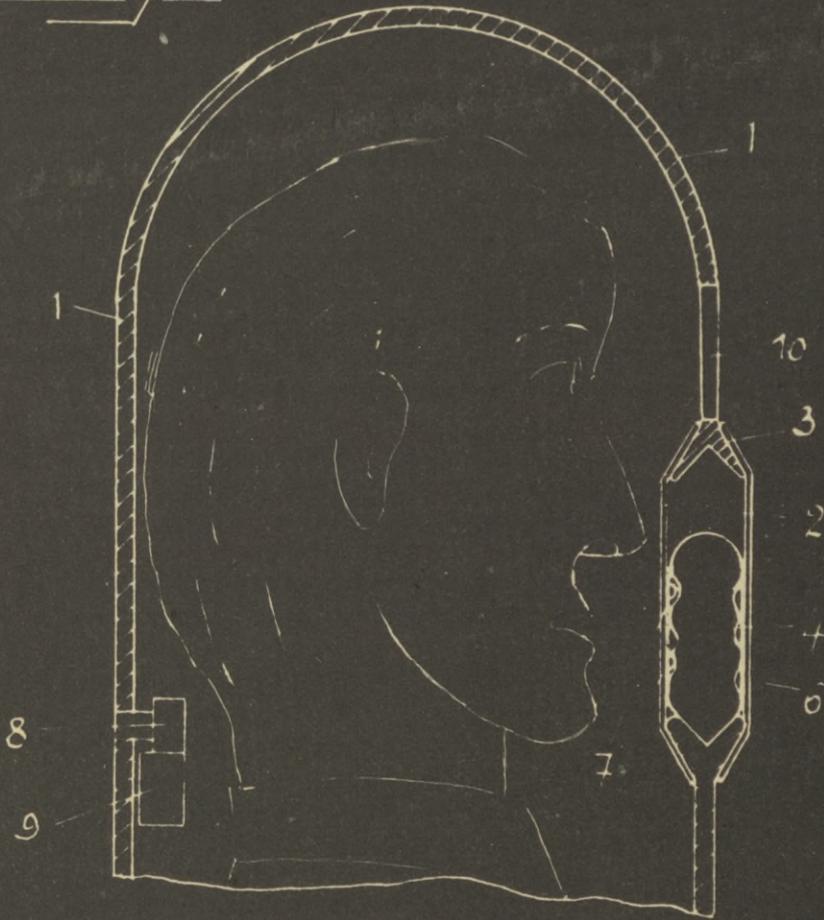
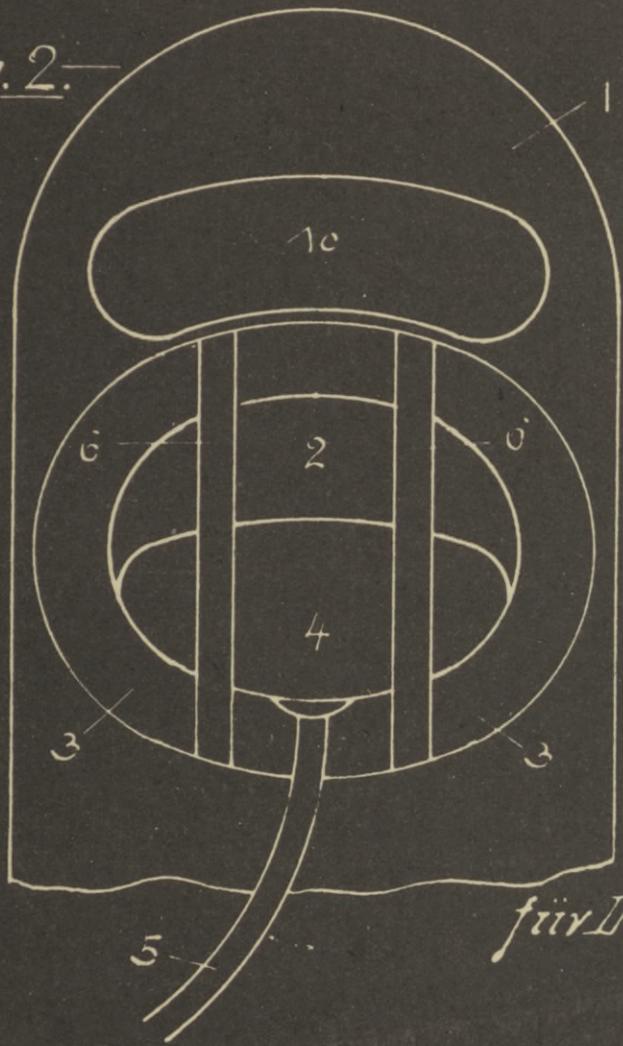


Fig. 2.



*für Dr. Wolfgang Lutz*

6

Betr. Höhenfragen in Ainring.

Bezug: AB 55 Nr. 5397/44 gsh. (2P)

An das Oberkommando der Luftwaffe  
Chef des San. Wesens  
S a a l o w b/Zossen (Land)

R e i s e b e r i c h t

Über die Dienstreise von Stabsarzt Lutz nach Ainring am 29.VI.44.  
Besprechung mit Diplomingenieur K r a c h ~~h~~ und Prof. G e o r g i i .

Am 1. einer Mitte des Monats in Rechlin stattgefundenen Demonstration wurde nach einer Mitteilung von Prof. Georgii von luftfahrtmedizinischer Seite angeblich bekannt gegeben, dass eine Rettung aus Höhen von 20.000 m und darüber unmöglich wäre. Man könnte in diesen Höhen einfach nicht aussteigen. Demgegenüber wurde von Stabsarzt Lutz darauf hingewiesen, dass eine Rettung durch Absprung sehr wohl möglich sei und zwar sicher auch noch aus grösseren Höhen, wenn 2 Bedingungen erfüllt sind:

- 1) Füllung der Lungen beim Abstieg mit Sauerstoff und
- 2) Verhinderung einer Atelektase.

Auf die Entstehungsbedingungen der Atelektase wurde hingewiesen und die Vermutung ausgesprochen, dass es beim Absprung aus Höhen von 25.000 m wahrscheinlich beim Menschen noch nicht zum Entstehen einer vollkommenen Atelektase kommen wird.

Die vorgeschlagenen Rettungsmaßnahmen gliedern sich in 3 Stufen, von denen die nachfolgenden an Wirksamkeit jeweils der vorausgegangenen überlegen ist.

- a) Benützung einer Atemmaske, welche gegen Abheben durch Luftzug etc. absolut sicher ist und im Verein mit einem blasenden Sauerstoffgerät die Sicherheit dafür bietet, dass beim Abstieg nur reiner Sauerstoff in die Lunge eindringt.
- b) zusätzlich zu a) automatisches, ev. mehrmaliges Aufblasen der Lunge während des Falles unterhalb 19.000 m um eine Atelektase, die sich ev. gebildet hat, zu beseitigen.
- c) Tragen eines Drucksturzschutzanzuges.

Mit den genannten Herren wurden folgende sofort zu ergreifende Maßnahmen festgelegt:

Für Punkt a und b soll eine Maske entwickelt werden, welche absolut

fest sitzt, d.h. in geeigneter Weise mit der Kopfhaube verbunden ist und welche auch die Anwendung geringer Innen-Überdrucke zur Aufblasung der Lunge gestattet. Hiermit und mit der Entwicklung eines für Punkt b notwendigen Gerätes zur rhythmischen Überdruckbeatmung der Lunge während des Fallschirmabsprungs wird von Ainring das Institut für Luftfahrtmedizin München mittels der bei der D F S vorhandenen "DE" Stufebeauftragt. Das Institut wird die technische Entwicklung an das Drägerwerk, Lübeck abgeben. Für Montag den 10.VII.44 15 Uhr wurde bei der DFS in Ainring eine Besprechung angesetzt. Das Drägerwerk wurde durch die Forschungsführung ersucht, hiezu einen geeigneten Fachmann zu entsenden.

Für die im Institut für Luftfahrtmedizin anfallenden Entwicklungsarbeiten zur Erprobung des Gerätes und zur Bearbeitung sonstiger in Öring noch anfallender Fragen auf dem Gebiet der Ventiltechnik, wird Prof. Georgii beim General der Fliegerausbildung persönlich veranlassen, dass Fliegeringenieur Scheible von der Fliegertechnischen Schule 3, Schleissheim dem Institut für die Dauer der Entwicklungsarbeiten vollständig zur Verfügung gestellt wird. Fliegeringenieur Scheible ist als ehem. Konstrukteur des Drägerwerkes auch in besonderer Masse als Verbindungsmann zwischen dem Werk und dem Institut geeignet.

Bei der am 10.VII.44 stattfindenden Besprechung soll auch die Frage geklärt werden, inwieweit es möglich sein wird, schon für die Versuchsflüge einen Drucksturzschutzanzug, der es gestattet alle Folgen einer Kabinenverletzung zu vermeiden, zu benützen.

Stabsarzt

Institut für Luftfahrtmedizin München  
 Aussenstelle Freising - Weihenstephan

Freising, den 7.VIII.44

Betr. f Höhenfragen in Ainring.  
Bezug Az 55 Nr. 5397/44 geheim (2 P)

*W. L. ...*

An das  
 Oberkommando der Luftwaffe  
 Chef des San. Wesens  
S a a l o w b / Zössen (Land)

Reisebericht

In Folgendem wird ein Bericht über die Dienstreise von Stabsarzt LUTZ zu den Dräger-Werken nach Lübeck mit den dabei erzielten Ergebnissen vorgelegt.

Die Besprechung mit den zuständigen Bearbeitern bei den Dräger-Werken ergab zwei grundsätzliche Feststellungen, nämlich

- 1) Der Drucksturz-Schutzanzug ist im wesentlichen <sup>verwirklicht und</sup> für die Zwecke von Ainring brauchbar.
- 2) Die Entwicklung eines Fallschirm-Beatmungsgerätes nach dem "almotor-Prinzip, das als Ersatz für den noch nicht vorhandenen Drucksturz-Schutzanzug gedacht war, ist durch das Vorliegen des letzteren als überholt zu betrachten. Einer Entwicklung dieses Gerätes würden, da in dieser Hinsicht nichts brauchbares vorliegt und das Werk mit Entwicklungsaufgaben mannigfacher Art überlastet ist, ausserdem grösste Schwierigkeit entgegenstehen. Selbst im Fall einer Inangriffnahme einer beschleunigten Entwicklung würden bis zur Fertigstellung des Gerätes mehrere Monate vergehen.

Der Drucksturz-Schutzanzug ist von seiten des Dräger-Werkes in zahlreichen Modellen vorentwickelt worden. Diese Modelle befinden sich alle in Rechlin und sind zum grössten Teil bereits praktisch erprobt und eingeflogen (zuständiger Referent: ACHLER). Die grössten Schwierig-

keiten waren durch die Forderung entstanden, dass der Träger des Anzuges auch nach Blähung desselben frei beweglich sein müsse. Diese Forderung wurde durch das Werk in praktisch idealer Weise durch Einbau von zahlreichen druckdichten Kugel- und Faltengelenken verwirklicht. Wenn diese vollkommene Beweglichkeit nach Blähung des Anzuges für den in Ainring vorliegenden Sonderzweck auch nicht unbedingt notwendig wäre, so ist sie doch von grossem Vorteil und erhöht den Wert des Anzuges ausserordentlich.

Für die Verwendung des Anzuges in Ainring sind jedoch noch einige dringende Vorarbeiten zu leisten:

a) Um dem Kopf des Insassen seine Beweglichkeit voll zu erhalten, ist der Helm des Anzuges von relativ sehr grossen Ausmassen. Dies hat bisher die Verwendung des Anzuges in den sehr knapp konstruierten Kabinen der üblichen Jagdflugzeuge verhindert. Für die Verhältnisse von Ainring dürfte die Grösse des Helmes an sich wegen der liegenden Unterbringung des Flugzeugführeres nicht stören.

Es tritt jedoch die Frage auf, ob die Kopfhaltemuskulatur beim freien Fall im Stande ist, den grossen Staudruck des Helmes aufzunehmen. Aus diesen und aus anderen Gründen muss entschieden werden, ob die in Ainring vorliegenden Einsatzverhältnisse eine völlig unbehinderte Sicht auch nach hinten und oben unbedingt notwendig machen oder ob nicht mit Hilfe eines Spiegels etc. hierauf verzichtet und der Helm dadurch verkleinert werden kann.

b) Die Verhältnisse in Ainring erlauben wegen der Abwesenheit eines Motoraggregates nicht, den Anzug mit Kompressorluft zu durchspülen (um Kondenswasser zu verhindern). Diese Spülung müsste mit Pressluft erfolgen. Da eine derartige Forderung bisher nicht aufgetreten ist, wird die Neukonstruktion eines entsprechenden Reduzierventils nötig. Die Ausführung des Ventils wird von der in Ainring zu klärenden Frage abhängig sein, inwieweit ein Wechsel des Kabineninnendruckes praktisch in Frage kommen wird.

c) Ebenso muss die Aufblasung des Anzuges im Katastrophenfalle durch Pressluft erfolgen. Hierzu muss ein barometrisch-gesteuertes Kurzschlussventil gebaut werden, welches nach Verletzung der Kabine den Pressluftstrom stark vergrößert, um den notwendigen Innendruck des Anzuges in wenigen Augenblicken zu erreichen. Auf die Notwendigkeit eines sofortigen Druckanstieges im Anzug ist bei der bisherigen Ausführung überhaupt keine Rücksicht genommen. Sie muss jedoch von flugmedizinischer Seite besonders betont werden.

d) Das Auslassventil der bisherigen Ausführung ist ein einfaches Überdruckventil, welches von Hand aus in mehreren Stufen regelbar ist. Diese Regulierung von Hand aus vermehrt die vom Flieger auszuführenden Massnahmen in unnötiger Weise (analog Luftzulassdrossel beim Atemgerät) und birgt ausserdem die Gefahr einer Falscheinstellung in sich. Es muss daher dieses Auslassventil nach Möglichkeit barometrisch gesteuert werden.

Diese barometrische Steuerung ist auch noch aus anderem Grund notwendig. Die Blähung des Anzuges und die damit trotz aller Gelenke verbundene Bewegungsverhinderung des Fliegers muss nämlich, insbesondere bei dem Fall eines Abstieges mit der Maschine, auf eine Minimum beschränkt werden, d.h. der Anzug darf jeweils nur den Innendruck halten, der unbedingt notwendig ist. Für kurze Flugzeiten, also z.B. um eine Maschine lediglich nach Hause zu bringen, ist der absolut notwendige Innendruck 145 mm Hg = 12 000 m. Jeder über dieses Mass hinausgehende Innendruck behindert die Bewegungsfähigkeit des Fliegers in unnötiger Weise. Nur ein durch den Absolutdruck im Innern des Anzuges barometrisch gesteuertes Auslassventil kann diese Forderung erfüllen. Im anderen Falle besteht die Gefahr, dass der Anzug, wenn die Umstellung des handbetätigten Ventils vergessen wird, noch in Bodenhöhe einen Innendruck von 120 mm Hg (wie vorgesehen) entfaltet und auf diese Weise z.B. zu Verletzungen bei der Fallschirmlandung führt. Die Forderung nach diesem barometrisch gesteuerten Auslass-

ventil war bereits in dem Vorschlag von Stabsarzt LUTZ über Einzelheiten des Drucksturz-Schutzanzuges enthalten.

e) Für die Zwecke von Airring (liegende Unterbringung) müssen sämtliche Anschlüsse des Drucksturz-Schutzanzuges von der Bauch- auf die Rückenseite verlegt werden.

f) Weitere Fragen mit der Möglichkeit gewisser Änderungen am Anzug ergeben sich bzgl. Kinnstütze und -Polsterung (ebenfalls wegen der liegenden Unterbringung).

g) Ferner muss entschieden werden, ob die zu erwartenden taktischen Verhältnisse gestatten, einzelne Gelenke weglassen, da bei der liegenden Unterbringung des Flugzeugführers vermutlich nur geringe Bewegungen der Arme nötig sein werden, um das Flugzeug auf 12 000 m herunterzubringen. Dasselbe gilt für die Gelenkhandschuhe, deren Weglassung denkbar erscheint. Diesbezügliche Versuche wurden in Rechlin bereits durchgeführt. Die Abdichtung des Anzuges an den Handgelenken macht technisch keine Schwierigkeiten. Der Fortfall einzelner Gelenke (in erster Linie kommen hier solche in den Beinen in Betracht) und der Fortfall der komplizierten Gelenkhandschuhe würde grosse gewichtsmässige und fabrikatorische Vorteile bringen.

h) Ausserdem ist zu prüfen, ob die Spülluft des Anzuges durch Sauerstoff ersetzt werden kann (Gegenargument Brandgefahr!). Sollte diese Möglichkeit verwirklicht werden können, dann würde dies ausser der Vereinheitlichung des mitzunehmenden Cases den Fortfall des gesamten Spezialatengerätes einschl. der Atemmaske und aller hierfür notwendigen Zuleitungen und damit in jeder Hinsicht enorme Vorteile bringen. Diese Frage muss daher auf das Ernsthafteste gegenüber der Brandgefahr erwogen werden.

Es besteht zunächst die Absicht, dass Stabarzt LUTZ und Fliegeroberingenieur SCHEIBLE (nach dessen Eintreffen) nach Ainring fahren und dort in Benehmen mit den technischen Stellen eine Vorklärung der unter a) bis h) erwähnten Fragen durchführen. Um in kürzester Zeit ein positives Ergebnis zu erzielen, wird ferner vorgeschlagen, dass im Anschluss daran in Ainring eine Besprechung statt findet, zu welcher das C-Amt und über dieses der Vertreter des Dräger-Werkes für Schutzanzüge und die E-Stelle Rechlin eingeladen werden sollten. Die E-Stelle soll gebeten werden, die ihr vorliegenden Modelle von Drucksturz-Schutzanzügen, insbesondere die Typen 4, 118 und 228 einschliesslich der zugehörigen Spezial-Atemgeräte, Spezial-Atemmasken und eines Gerätes zum Aufblasen der Anzüge mitzubringen. Auf diese Weise können an Ort und Stelle alle für notwendig erachteten Änderungen am Drucksturz-Schutzanzug und die Adaptation des Anzuges an die liegende Unterbringung durch direkte Erprobung im Flugzeug festgelegt werden. Das Drägerwerk ist bereit, schon für die die Erprobung der Maschine fliegenden Flugzeugführer ~~Drucksturz-~~ Schutzanzüge nach Mass anzufertigen. Die Stoffart, die gegen die verwendeten Brennstoffe schützt, ist bereits vorhanden.

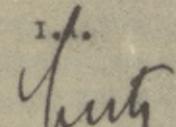
Der Termin für diese gemeinsame Besprechung wird von der Fertigstellung des neuen Erprobungsanzugs in Ainring abhängen und wird baldmöglichst an Chef San.W. gemeldet werden.

Für die beschleunigte Durchführung der für notwendig erachteten Änderungen und sonstiger mit der Versendung des Drucksturz-Schutzanzuges zusammenhängender technischen Arbeiten kann mit Vorteil Fliegeroberingenieur SCHEIBLE eingesetzt werden.

Es wird gebeten, das Arbeitsprogramm in der vorliegenden Form genehmigen und die Mitarbeit der technischen Stellen erwirken zu wollen.

Gemäss der in c.a.Bezug enthaltenen Erlaubnis wird die vorliegende Meldung n.schriftlich an DFS in Airring gegeben.

I.A.

  
Stabsarzt

## Appendix 19.

### Fallschirm - Absprung aus grossen Höhen.

---

Gegen ein sofortiges, bzw. frühzeitiges Öffnen des Fallschirmes sprechen verschiedene Gründe:

1) Längeres Durchfallenlassen bedeutet keineswegs eine erhöhte Gefahr bei Entfaltung des Schirmes. Der Fallschirm zerreißt, wenn überhaupt, umso eher, je früher man ihn zieht. Die Geschwindigkeit des abgesprungenen Fliegers gegenüber Luft ist nämlich unmittelbar nach dem Aussteigen am grössten (Fluggeschwindigkeit) und nimmt mit Annäherung an die Erde immer mehr ab, da der Luftwiderstand mit Erhöhung des Luftdruckes ansteigt. Man fällt also mit fortschreitender Fallzeit nicht schneller, sondern langsamer. Die Geschwindigkeit ist übrigens beim freien Fall ebenso belanglos, wie etwa im Flugzeug. Bewusstlosigkeit etc. tritt hierdurch nicht auf.

2) Je früher man den Schirm öffnet, umso länger befindet man sich in dem Bereich gefährlicher Kälte.

3) Wenn man (wie in der Regel) kein Fallschirm-Sauerstoffgerät zur Verfügung hat, muss nach dem Verlassen der Maschine in grossen Höhen Höhenkrankheit auftreten. Es ist erwiesen, dass die beim freien Fall mit ungeöffnetem Schirm auftretenden Erscheinungen von Höhenkrankheit selbst bei Absprung aus Höhen von 12 000 m und darüber nur geringfügig, auf jeden Fall aber nur vorübergehender Natur sind. Schon in 6 000 m ist die Handlungsfähigkeit wieder vollkommen hergestellt, sodass man unter keinen Umständen befürchten muss, wegen eingetretener Höhenkrankheit das vorher unterlassene Öffnen des Schirmes zu vergessen und auf dem Boden aufzuschlagen.

Öffnet man aber den Schirm in Höhen über 10 000 m sofort oder wenige Sekunden nach dem Verlassen der Maschine, dann muss wegen der langsamen Sinkgeschwindigkeit (für 1000 m rund 2 Minuten) - abgesehen von Kälteschäden - mit schwerster Höhenkrankheit, u.U. mit HShentod gerechnet werden.

4) Auch aus taktischen Gründen ist es vorteilhaft, sich über die geographischen Verhältnisse und die Windrichtung etc. zu orientieren und sich vor dem Ziehen des Schirmes darüber klar zu werden, ob für die Abtrift (in Richtung zum Land oder auf die eigne Frontlinie hin, bzw. umgekehrt) ein frühzeitiges oder spätes Öffnen des Schirmes vorteilhaft ist.

Es ist daher für Absprünge aus Höhen über 6 000 m zweckmäßig, für solche aus Höhen über 9 000 m unbedingt erforderlich, nach dem Verlassen der Maschine mit dem Öffnen des Schirmes zunächst zu warten und zwar mindestens bis zum Erreichen einer Höhe von 7 000 m (wegen Höhenkrankheit), nach Möglichkeit aber noch länger (wegen Kälte), sofern dem nicht taktische Erwägungen entgegenstehen (Windrichtung etc., siehe oben). Vor dem Aussteigen tief Sauerstoff einatmen und möglichst Atem anhalten!

Bei Erdsicht birgt die Wahl des geeigneten Momentes zum Öffnen des Schirmes keine Schwierigkeit. Andernfalls kann der Höhenverlust beim freien Fall durch Sekundenzählen abgeschätzt werden. 15 Sekunden entsprechen ca. 1000 m. Man muss dabei aber bedenken, dass man vom Augenblick der letzten Ablesung des Höhenmessers bis zur Beendigung des Aussteigens in der Regel einige 100 m an Höhe verliert.

Für den Flug in Überdruck-Kabinen und für den Absprung aus Höhen über 12 000 m sind spezielle technische Massnahmen vorgesehen. Andernfalls gilt das Gesagte auch für diesen Höhenbereich.

Appendix 20.

Stabsarzt Dr. R a s c h e r  
Ahnenerbe R.F.SS.

München, den 20.7. 1942.

Geheime Reichssache !

An  
SS-Obersturabannführer Dr. R. Brandt,  
B e r l i n .  
R.F. SS.

Sehr verehrter Herr Dr. Brandt!

Anliegend übersende ich ein Exemplar meiner  
und Rombergs Arbeit "Versuche zur Rettung aus grossen  
Höhlen".

Am 14.7.1942 hat mir der Reichsführer SS.  
befohlen, Ihnen diesen Bericht zuzuschicken. Der  
Reichsführer will diesen Bericht an Generalfeldmarschall  
Milch weitergehen lassen mit einem Brief von ihm des  
Inhaltes, dass Milch, Romberg und mich zum Vortrag  
zu sich befehlen möge. Ich glaube, ich habe es richtig  
verstanden, dass der Reichsführer meinte, Sie möchten ihm  
einen entsprechenden Brief zur Unterschrift vorlegen.

Ich habe mich sehr gefreut, dass der Reichs-  
führer von den Resultaten der Dachauer Arbeit, sowie von  
dem Film befriedigt war und den Befehl zur intensiven  
Weiterarbeit auf diesem Gebiet gegeben hat.

Für Dr. Romberg habe ich auf Veranlassung  
von Obersturmbannführer Sievers das K i e s s e r i e n s t k r e u z  
II. Klasse beantragt. Standorteführer Dr. Wüst befahl mir,  
Sie hierauf aufmerksam zu machen.

Des weiteren entschied unter dem 14.7.42  
der Reichsführer, dass die ~~Haftlinge~~ Sobota, sowie  
die beiden im Sektionsraum F.L. Dachau arbeitenden Haftlinge  
aus der Haft zu entlassen seien und zur Gruppe "Dirlewanger"  
zu überstellen seien. Die genannten Namen hat Obersturmbann-  
führer Sievers. Der Reichsführer hat entsprechenden Befehl  
auch an Major Suchanek gegeben.

Ich danke von Herzen für Alles und verbleibe

Heil Hitler !

*zu sehr ungenügend Dr. S. Rescher*



Verfasser des Stabsarzt Dr. R. Rascher	-
7. AUG. 1942	100
13/19/42	- 1 -



DEUTSCHE VERSUCHSANSTALT FÜR LUFTFAHRT E.V.  
BERLIN-ADLERSHOF

**Leiter**  
Berlin-Adlershof

**Präsident**  
Luftfahrt-Adlershof

**Fernsprechanstalt**  
Ordnungs-Nr. 43 62 11  
Fernverkehr 43 62 36

**Postfach**  
Luftfahrt-Adlershof, 4-15  
Berlin W 4, Glienicker-Platz  
Deutsche Reichspost  
Spezialkategorie Luftfahrt, Gruppe 2

**Telefon**  
Berlin-Adlershof

Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt E.V., Berlin-Adlershof, Postfach Nr. 15-25

An den  
Herrn Reichsführer-SS  
B, e, r, l, i, n S W 11  
Prinz-Albrecht-Str. 8

**Geheime Kommandosache.**

3

*Handwritten signature*

*Handwritten signature*

Ihre Zeichen

Ihre Nachricht vom

*DVL-Zeichen*  
R/Ru/Ko 2098/mg. *Handwritten* 22.9.42

Betreff: Bericht "Versuche zur Rettung aus großen Höhen".

*Handwritten signature*

In der Anlage werden die Ausfertigungen Nr. 2, 3 und 4  
des Berichtes "Versuche zur Rettung aus großen Höhen"  
zum dortigen Verbleib übersandt.

Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt, E.V.  
in Vollmacht

*Handwritten signatures*

*Brungs 3 referat  
H. Grunow  
15.9.42*

3 Anlagen.

Verfasser	Reichsführer	
29. SEP. 1942	Anlagen	
Case No. 1368/42	- 1 -	
No. 1368/42		

1 1

7th ARMY DOCUMENT CENTER

Versuche zur Rettung aus großen Höhen.\*

Übersicht: Es wird über Versuche berichtet, in denen die Möglichkeiten einer Rettung aus großen Höhen in der Unterdruckkammer untersucht wurden. Es wurden Versuche in Fallschirmsinkgeschwindigkeit bis 15 km ohne O<sub>2</sub>-Atmung und bis 18 km mit O<sub>2</sub>-Atmung, Fallversuche bis 21 km Höhe mit und ohne O<sub>2</sub>-Atmung durchgeführt. Die aus den Versuchen für die Praxis sich ergebenden Folgerungen werden besprochen.

Gliederung:

- I. Einleitung und Aufgabenstellung.
- II. Versuchsordnung.
- III. Versuchsergebnisse.
  1. Sinkversuche ohne O<sub>2</sub>-Atmung.
  2. Sinkversuche mit O<sub>2</sub>-Atmung.
  3. Fallversuche ohne O<sub>2</sub>-Atmung.
  4. Fallversuche mit O<sub>2</sub>-Atmung.
- IV. Besprechung der Ergebnisse.
- V. Folgerungen aus den Ergebnissen.
- VI. Zusammenfassung.  
Schrifttum.

Der Bericht umfasst:  
26 Seiten mit  
3 Abbildungen und  
6 Zahlentafeln.

DEUTSCHE VERSUCHSANSTALT FÜR LUFTFAHRT, E.V.

Der Institutsleiter

L. Bitt

Die Bearbeiter

im Entwurf ges.  
Dr. Raacher  
Stabsarzt der Lw.

D. Franke

\*Die Untersuchungen wurden in Verbindung mit der Forschungs- und Lehrgemeinschaft "Das Ahnenerbe" durchgeführt.

Regie-Adlerhof, des NS. Juli 1942

RF 491/30

## I. Einleitung und Aufgabenstellung.

In einem Druckkabinenflugzeug ist dem Menschen theoretisch keine Grenze für die Erreichung beliebig grosser Höhen gesetzt. Es muss aber die Frage geklärt werden, welche Folgen eine Zerstörung der Druckkabine für den Menschen hat, der in diesem Falle innerhalb weniger Sekunden dem niedrigen Luftdruck und damit dem Sauerstoffmangel grösster Höhen ausgesetzt ist. Von besonderem praktischen Interesse ist hierbei die Frage, aus welchen Höhen und mit welchen Hilfsmitteln eine möglichst sichere Rettung der Besatzung durchgeführt werden kann. In vorliegender Arbeit wird über Versuche berichtet, in denen unter Ausnutzung besonderer Versuchsbedingungen verschiedene Rettungsmöglichkeiten untersucht wurden. Da die Dringlichkeit der Lösung dieses praktisch wichtigen Problems im Vordergrund stand, musste - besonders unter den gegebenen Versuchsbedingungen - auf die eingehende Klärung rein wissenschaftlicher Fragen vorläufig verzichtet werden.

## II. Versuchsanordnung.

Die Versuche wurden in einer fahrbaren Unterdruckkammer mit Drucksturzkammer durchgeführt, wobei durch die Leistungsfähigkeit der Anlage die grösste erreichbare Höhe auf etwa 21000 m begrenzt war.

Bei diesen Versuchsreihen, die die Rettungsmöglichkeiten aus grossen Höhen klären sollten, würden die Versuche in Nachahmung der praktischen Verhältnisse in der Weise durchgeführt, dass die Rettung am entfalteten Schirm (als Sinkversuch bezeichnet) und am nichtentfalteten Schirm (als Fallversuch bezeichnet) jeweils mit und ohne Sauerstoffatmung untersucht wurde. Da für die Beanspruchungen des Kreislaufs durch den  $O_2$ -Mangel die Körperhaltung von wesentlicher Bedeutung ist, wurden die Ver-

suche in sitzender und liegender Stellung sowie insbesondere die Sinkversuche entsprechend den praktischen Verhältnissen in hängender Haltung in Fallschirmbegurtung durchgeführt. Zur Demonstration wurden einzelne dieser Versuche im Film festgehalten. Von mehreren Versuchen der verschiedenen Versuchsreihen wurden Elektrokardiogramme geschrieben. Sauerstoff wurde aus dem üblichen Unterdruckgerät, in Höhen über 10 km mit Bläser geatmet.

Es wurden folgende Versuchsanordnungen gewählt:

1. Sinkversuche ohne  $O_2$ -Atmung,
2. Sinkversuche mit  $O_2$ -Atmung,
3. Fallversuche ohne  $O_2$ -Atmung,
4. Fallversuche mit  $O_2$ -Atmung.

Die Sink- und Fallzeiten, die bei den Versuchen eingehalten wurden, sind in Abb. 1 und 2 zusammengestellt.

### III. Versuchsergebnisse.

#### 1. Sinkversuche ohne $O_2$ -Atmung.

Da ein zuverlässiges Fallschirmsauerstoffgerät noch nicht allgemein zur Verfügung steht, wurde in Versuchen erprobt, aus welchen Höhen ohne Sauerstoff noch eine Rettung am entfalteten Schirm möglich ist. Es wurden daher Sinkversuche durchgeführt, bei denen nach Aufstieg (Steiggeschwindigkeit der Kammer siehe Abb. 1) mit  $O_2$  in der Versuchshöhe die Maske abgenommen und nach 10 Sekunden Wartezeit mit dem Sinken begonnen wurde.

Beim Versuch aus 9 km trat, wie zu erwarten, keine Höhenkrankheit auf.

Beim Sinkversuch aus 10 km Höhe trat nach ca 2 Minuten d.h. in einer Höhe von ca 8,6 km, typische Höhenkrankheit auf, die sich in der Schriftprobe in stärkerem Gekritzeln zeigte, jedoch trat keine Bewusstlosigkeit ein (Schriftprobe K l o o s ) .

Walter Kreis, 27 Jahre 21. III. 42

999 998 997 996 995 994 993 992 991

990 989 988 987 986 985 984 983 982 981

980 979 978 977 976 975 974 973 972 971

970 969 968 967 966 965 964 963 962 961

960 959 958 957 956 955 954 953 952 951

950 949 948 947 946 945 944 943 942 941

940 939 938 937 936 935 934 933 932 931

930 929 928 927 926 925 924 923 922 921

920 919 918 917 916 915 914 913 912 911

910 909 908 907 906 905 904 903 902 901

900 899 898 897 896 895 894 893 892 891

890 889 888 887 886 885 884 883 882 881

880 879 878 877 876 875 874 873 872 871

870 869 868 867 866 865 864 863 862 861

860 859 858 857 856 855 854 853 852 851

850 849 848 847 846 845 844 843 842 841

Vertical text on the left margin, possibly a list of names or dates, including "1.1.20" and "1.1.21".

Large block of heavily scribbled and crossed-out text in the center of the page.

DOCUMENT CENTER 1 2

Die Versuche aus 12 bis 15 km Höhe wurden zum Teil in Aufhängung in Fallschirmgurten, zum Teil im Sitzen und im Liegen durchgeführt. Es ergab sich bei diesen Versuchen, dass die Körperlage einen sehr wesentlichen Einfluss auf das Ertragen hochgradigen Sauerstoffmangels hat. Da ausserdem jede körperliche Anstrengung eine grosse Rolle spielt, wurden bei einem Teil der Versuche während der Wartezeit von 10 Sekunden vor Beginn des Abstiegs von den Versuchspersonen 6 Kniebeugen gemacht, und zwar 3 Kniebeugen mit Sauerstoffatmung, dann nach tiefem Einatmen und Atemanhalten nochmals 3 Kniebeugen ohne Sauerstoffatmung. Diese Anordnung wurde gewählt, um die körperliche Arbeit beim wirklichen Fallschirmabsprung nicht zu vernachlässigen. Die Sinkversuche aus 12 km Höhe ergaben folgende Durchschnittszeiten:

Zahlentafel 1.

Sinkversuch aus 12 km	Bewusstlosigkeit nach	Erwachen nach
im Sitzen ohne Kniebeugen:	1'39" = 10,85 km Höhe	6'38" = 7,45 km Höhe
im Sitzen nach 6 Kniebeugen:	55" = 11,4 km Höhe	6'55" = 7,25 km Höhe
bei Aufhängung in Fallschirm- gurten:	37" = 11,65 km Höhe	7'40" = 6,77 km Höhe

Zu den angegebenen Zeit- und Höhenwerten ist zu bemerken, dass der Eintritt der Bewusstlosigkeit bzw. des Erwachens vom Absetzen des O<sub>2</sub> an gerechnet wurde, während mit dem Sinken bzw. Fallen bei den meisten Versuchsanordnungen erst nach Ablauf der 10-Sekunden-Wartezeit begonnen wurde. Da ausserdem die Höhenstufen jeweils im Augenblick der Bewusstlosigkeit abgelesen wurden, sind kleinere Abweichungen von den in den Abbildungen 2 und 3 angegebenen Zeiten auch

dadurch möglich, dass besonders bei den Fallversuchen durch die etwas grobe Ventilsteuerung Schwankungen vorkamen. Diese Abweichungen sind jedoch gering und zu vernachlässigen, da ja die Fall- und Sinkzeiten in der Praxis von der Fluglage im Augenblick des Absprungs von Katapultsitz usw. abhängig sind, und im übrigen die angenommenen Fall- und Sinkzeiten in der Wirklichkeit durch Gewicht- und Luftwiderstand in erheblichem Masse beeinflusst werden.

Bei den Versuchen im Sitzen ist zu Berücksichtigen, dass die Versuchspersonen bei Eintreten der Bewusstlosigkeit umsanken und daher die kritische Zeit der grössten Kreislaufbelastung im Liegen überstanden, während die in Fallschirmgurten aufgehängten während des gesamten Versuchs sich in senkrechter, also für eine Kreislaufbelastung sehr ungünstigen Lage befanden.

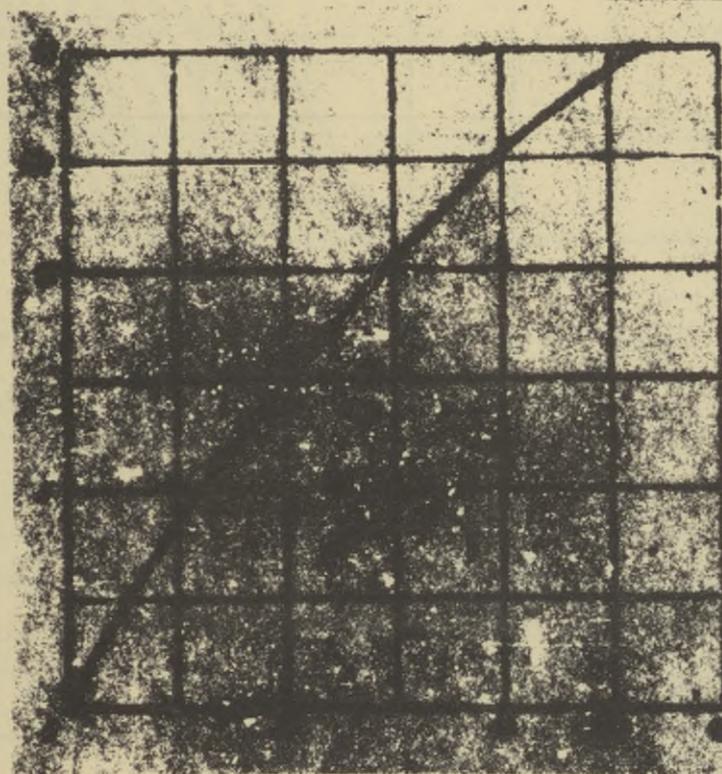


Abb.1 Steiggeschwindigkeit in der fahrbaren Unterdruckkammer.

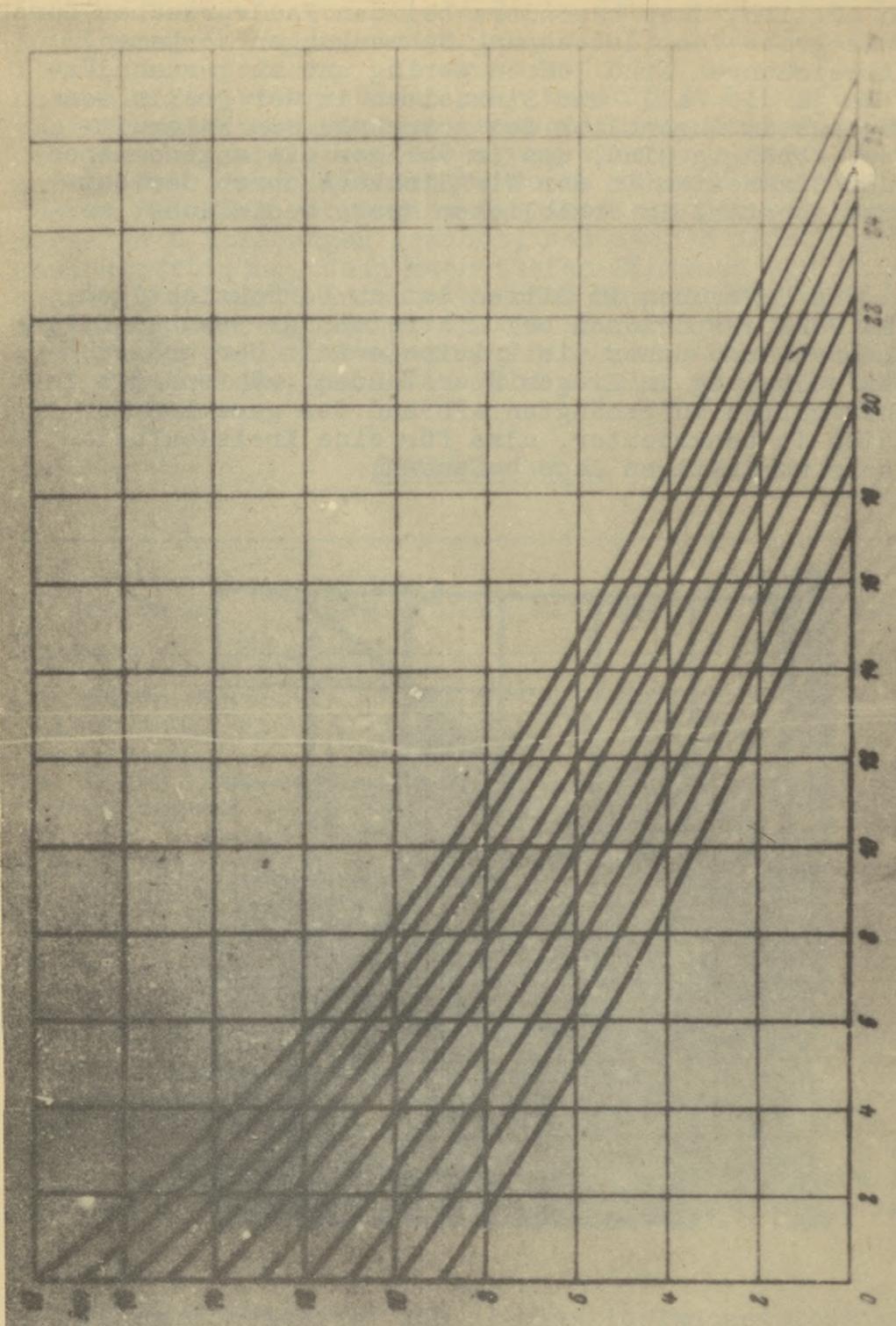


Abb. 2 Sinkgeschwindigkeiten für Versuche aus 9 km bis 18 km Absprungöhe.

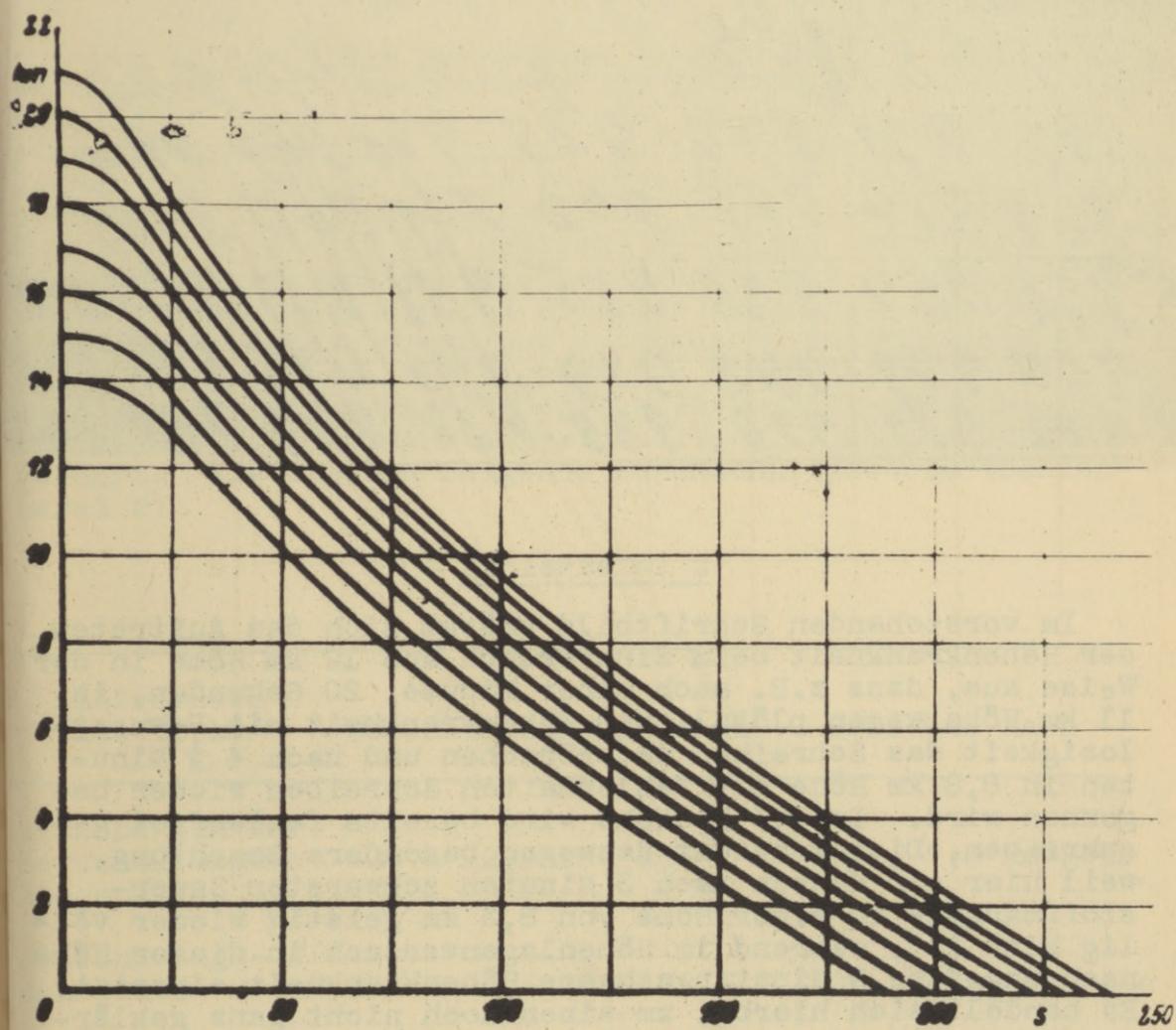


Abb.3 Fallgeschwindigkeiten für Versuche aus 14 km bis 21 km Absprunghöhe.

Prof. ...

27. 11. 1922

Alt 15)

999 998 997 996 995  
 999 998 997 996 995 994 993 992 991 990  
 989 988 987 986 985 984 983 982 981 980  
 979 978 977 976 975 974 973  
 972 971 970 969 968 967 966  
 965 964 963 962 961 960 959  
 958 957 956 955 954 953 952 951  
 950 949 948 947 946 945 944 943  
 942 941 940 939 938 937 936 935

Im vorstehenden Schriftbild drückt sich das Auftreten der Höhenkrankheit beim Sinkversuch aus 12 km Höhe in der Weise aus, dass z.B. nach einer Minute, 20 Sekunden, in 11 km Höhe wegen plötzlicher Höhenkrankheit mit Bewusstlosigkeit das Schreiben unterbrochen und nach 4 1/2 Minuten in 8,8 km Höhe mit fehlerhaften Schreiben wieder begonnen wird. In 8,3 km Höhe wird bereits fehlerfrei geschrieben. Dies verdient deswegen besondere Beachtung, weil hier ein Mensch nach 3 Minuten schwersten Sauerstoffmangels in einer Höhe von 8,3 km geistig wieder völlig klar ist, während im Höhenlagenversuch in dieser Höhe nach ungefähr 3 Minuten schwere Höhenkrankheit einsetzt. Es handelt sich hierbei um einen noch nicht ganz geklärten, aber jedenfalls sehr günstigen Vorgang, der auch schon bei früheren Versuchen zum Fallschirmabsprung aus grossen Höhen beobachtet wurde. Geht doch daraus hervor, dass ein längerer Sauerstoffmangel in Höhen bis 13 km keine schwere Vorbelastung im Sinne eines Verbrauchs der letzten

Reserven darstellt, sondern dass im Gegenteil glücklicherweise der Menschliche Organismus auf diese Belastung sogar mit einer gewissen Steigerung seiner Höhenfestigkeit zu reagieren scheint.

Bei den Sinkversuchen aus 13 km Höhe wurde nur die Wartezeit von 10 Sekunden eingehalten, auf die Arbeitsleistungen in Form von Kniebeugen dagegen verzichtet, da technische Schwierigkeiten diese Anordnung verhinderten.

Die Versuche mit Aufhängung konnten nämlich nur in der grossen Unterdruckkammer durchgeführt werden, da aus räumlichen Gründen eine Aufhängung in der Kleinen Drucksturz-kammer unmöglich war. Es musste daher in der Hauptkammer der Aufstieg bis 13 km Höhe langsam (ohne Drucksturz-kammer) durchgeführt werden, so dass beim Erreichen von 13000 m bereits ein gewisser O<sub>2</sub>-Mangel bestand. Bei diesem O<sub>2</sub>-Mangel hätten die Kniebeugen eine grosse Belastung dargestellt, die das Bild des Versuchs allzusehr verfälscht hätten. Dieselben Bedingungen waren auch bei den weiteren Versuchen in grösseren Höhen in der Hauptkammer gegeben. Es wurden daher die 13-km-Sinkversuche z.T. im Sitzen, z.T. sitzend angeschnallt, z.T. hängend durchgeführt. Sie ergaben folgende Durchschnittswerte (Zahlentafel 2)

Zahlentafel 2

Sinkversuch aus 13 km	Bewusstlosigkeit nach	Erwachen nach
sitzend (in der Bewusstlosigkeit 50" = 12,4 km Höhe liegend):	8'12" = 7,2 km Höhe	
sitzend ange- schnallt:	35" = 12,6 km Höhe	10'30" = 5,85 km Höhe
hängend:	20" = 12,8 km Höhe	19' = 1,6 km Höhe

Da bei diesen Versuchen im ungünstigsten Falle, nämlich bei der Aufhängung, das Erwachen erst in 1,6 km Höhe eintrat, musste damit gerechnet werden, dass bei Absprüngen aus Höhen über 13 km das Erwachen erst nach Erreichen von 0 m erfolgen würde, was für den Ernstfall eine Landung in bewusstem Zustand bedeutet hätte. Damit war aber eine sichere Rettung in Frage gestellt.

Sinkversuche aus 15 km Höhe wurden in grösserer Anzahl durchgeführt, da sich herausstellte, dass bei dieser Höhe wohl ungefähr die Grenze des auch in Notfällen praktisch Möglichen schon erreicht bzw. wesentlich überschritten war. Nach möglichst raschem Aufstieg mit Sauerstoff-Bläser-Gerät wurde sofort bei Erreichen von 15 km Höhe die Maske abgesetzt und der Abstieg begonnen. Da der Verlauf dieser Sinkversuche ein ganz typischer und besonders eindrucksvoll war, ist es notwendig, einen dieser Versuche genau zu schildern. Es wird daher im folgenden das Protokoll eines Versuchs wiedergegeben:

<u>15 km</u>	Lässt Maske fallen, schwere Höhenkrankheit, Klonische Krämpfe.
<u>14,5 km</u> <u>30 Sek.</u>	Opistotonus.
<u>14,3 km</u> <u>45 Sek.</u>	Arme steif nach vorne gestreckt, Pfötchenstellung, Beine steif gespreizt.
<u>13,7 km</u> <u>1 Min. 20 Sek.</u>	Hängt in Opistotonus.
<u>13,2 km</u> <u>1 Min. 50 Sek.</u>	Agonale Krampfatumung.
<u>12,2 km</u> <u>3 Min.</u>	Dyspnoe, hängt schlaff.
<u>7,2 km</u> <u>10 Min.</u>	Unkoordiniertes Strampeln mit den Extremitäten.
<u>6 km</u> <u>12 min.</u>	Klonische Krämpfe, Stöhnen.
<u>5,5 km</u> <u>13 Min.</u>	Schreit laut.

- 2,9 km  
18 Min. Schreit immer noch, krampft Arme und Beine  
Kopf sinkt nach vorne.
- 2 - 0 km  
20 - 24  $\frac{1}{2}$  Min. Schreit anfallsweise, grimassiert, beisst  
sich auf die Zunge.
- 0 m Nicht ansprechbar, macht den Eindruck  
eines völlig Geistesgestörten.
- 5 Min. (nach Er-  
reichen von  
Bödenhöhe) Reagiert erstmals auf Anruf
- 7 Min Versucht auf Kommando aufzustehen, sagt  
stereotyp: "Nein, bitte".
- 9 Min Steht auf Befehl auf, starke Ataxie, ant-  
wortet auf alle Fragen: "Moment mal". Ver-  
sucht krampfhaft, sich an sein Geburtsda-  
tum zu erinnern.
- 10 Min. Typische Haltungs- und Bewegungs-Stereo-  
typie (Katatonie), murmelt Zahlen vor sich  
hin.
- 11 Min. Hält Kopf krampfhaft nach rechts gedreht,  
versucht immer wieder, auf die erste Frage  
nach seinem Geburtsdatum zu antworten.
- 12 Min. Fragen der Vp.: "Darf ich etwas aufschnei-  
den?" (im Zivilberuf Feinkosthändler)  
"Darf ich schnaufen? Ist es recht, wenn  
ich aufschnaufe?" Atmet tief, sagt dann:  
"So, danke schön".
- 15 Min. Auf Befehl zu gehen, tritt er am Fleck und  
sagt: "So, danke schön".
- 17 Min. Gibt Namen an, sei 1928 geboren (geb.  
1.11.08) Versuchsleiter: "Wo?" "Etwas  
1928" "Beruf?" "28 - 1928".
- 18 Min. "Darf ich aufschnaufen?" "Ja." "Bin damit  
zufrieden."
- 25 Min. Immer noch die Frage: "Schnaufen?"
- 28 Min. Sieht nichts, rennt gegen offenen sonnen-  
beschienenen Fensterflügel, so dass sich  
eine grosse Beule an der Stirn bildet,  
sagt: "Entschuldigen Sie Bitte". Keine  
Schmerzäußerung.

- 30 Min Weiss Name und Geburtsort. Auf die Frage nach dem heutigen Datum; 1.11.28". Zittern der Beine, Stupor hält an, ist durch den Knall eines Schusses nicht zu erschrecken. Dunkle Gegenstände werden noch nicht wahrgenommen, rennt dagegen. Helles Licht wird wahrgenommen, weiss seinen Beruf, örtlich desorientiert
- 37 Min. Reagiert auf Schmerzreize.
- 40 Min. Beginnt Unterschiede zusehen. Gerät immer in seine anfänglichen Rede-Stereotypien.
- 50 Min. Örtlich orientiert
- 75 Min. Immer noch zeitlich desorientiert, retrograde Amnesie, über 3 Tage.
- 24 Std. Normalzustand wieder erreicht, nur an den Versuch selbst besteht keine Erinnerung.

Der Ablauf der Sinkversuche aus 15 km Höhe. wie er hier an einem Beispiel gezeigt wurde, wiederholte sich in ähnlicher Weise bei allen übrigen Versuchen. Die Durchschnittswerte aus 20 Versuchen mit 15 verschiedenen Versuchspersonen sind folgende:

Zahlentafel 3.

15 km	Bewusstlosigkeit nach	Unbewusste Aufwachbewegungen nach	Klares Bewusstsein in 0 m nach
hängend	16" = 14,7 km	20 $\frac{1}{2}$ ' = 1,8 km	18' - 90'
liegend	20" = 14,6 km	14' = 5 km	15' - 80'

Die Bewusstlosigkeit nach Absetzen des Sauerstoffs tritt nach einer kurzen motorischen Unruhe mit schwerer Höhenkrankheit ein, worauf im Zustand völliger Bewusstlosigkeit leichte klonische und dann schwerste tonische Krämpfe folgen. Diesen fast eine Minute dauernden tonischen Krämpfen folgt ziemlich plötzlich eine Phase voll-

ger Schloffheit mit Abnahme der Atemfrequenz und Übergang in Krampfatumung mit 3 bis 4 Atemzügen in der Minute bis zu völligem Atemstillstand von 45 Sekunden Dauer (posthypoxämischer Scheintod? Lutz). Dann folgt eine Zeit der Verbesserung der Atmung, bis die ersten unbewussten Bewegungen das allmähliche Erwachen ankündigen, wobei jedoch vorerst höhere geistige Funktionen noch völlig fehlen. Das weitere Erwachen geht langsam im Verlauf der nächsten halben bis  $1\frac{1}{2}$  Stunden vor sich, wie aus dem vorausgehenden Protokoll ersichtlich ist. In der Zeit der völligen Bewusstlosigkeit bei der Mehrzahl der Versuchspersonen Kot- und Urinabgang, gesteigerter Speichelfluss und in einzelnen Fällen auch Erbrechen.

Wir haben hier offensichtlich den Zustand vor uns, den L u t z und W e n d t bei ihren später eingehender zitierten Tierversuchen im Fallversuch mit  $O_2$ -Atmung fanden und als "posthypoxämischen Dämmer Schlaf" bezeichneten. Wir möchten, da es sich um ein langsames Erwachen handelt, besonders auch im Hinblick auf das geistige Verhalten der Versuchspersonen, den Namen "posthypoxämischen Dämmerzustand" vorschlagen. Den von Wendt und Lutz beobachteten "posthypoxämischen Scheintod" fanden wir in der von ihnen beobachteten Form bei keinem Versuch, den oben geschilderten schweren Zustand könnten wir höchstens als hypoxämischen Scheintod bezeichnen, da er sich nur über die Zeit des schwersten  $O_2$ -Mangels zwischen durchschnittlich 13,3" bis 12,3 km erstreckte.

Bei den schweren geistigen Störungen und körperlichen Ausfällen (Lähmungen, Blindheit usw.) des posthypoxämischen Dämmerzustandes ist trotz der verhältnismässig grossen Anzahl der Versuche der eigentliche Grund dieser Störungen etwas rätselhaft geblieben. Es schien oft, als ob sich Erscheinungen der Druckfallkrankheit mit den Folgen des schweren Sauerstoffmangels kombinierten. In dieser Hinsicht sind Selbstbeobachtungen interessant, welche die Bearbeiter bei je zwei Versuchen machen konnten. Bei Ro kam es bei einem halbstündigen Aufenthalt in 12 km mit  $O_2$  nur zu den üblichen typischen Druckfallschmerzen. Bei einem weiteren Versuch mit Aufenthalt von 40 Minuten Dauer in einer Höhe zwischen 13 und 13.5 km trat ganz allmählich ein Schwächezustand, verbunden mit eigenartigen Kopfschmerzen ein, der dann zu einem erheblichen Nachlassen der Kraft der Arme und Hände führte. Hierdurch konnte Ro das Atemmundstück (aus besonderen Gründen musste Ro bei diesem Versuch mit Mundstück und Nasenklemme atmen) nicht mehr halten, so dass es ihm aus dem Mund glitt. Alle diese Erscheinungen wurden von Ro noch klar an sich beobachtet. Ra gab Ro das Mundstück wieder, jedoch kam es jetzt ziem-

lich plötzlich zu einem schweren Versagen Ro's mit Blässe, starker Cyanose der Lippen und völliger Bewusstlosigkeit. Nachdem durch Abstieg und ausreichende O<sub>2</sub>-Atmung Ro das klare Bewusstsein wiedererlangt hatte, stellte er bei sich eine völlige Lähmung beider Beine, eine starke Schwäche der Arme und schwere Sehstörungen fest. Diese schweren Störungen waren eingetreten, obwohl die Zeit des O<sub>2</sub>-Mangels und der Bewusstlosigkeit nur ca 5 Sekunden betragen hatte. Nach bald darauf erfolgtem Abstieg auf 0 m blieb die Lähmung der Beine noch ca 5 Minuten bestehen, während die sehr schweren Sehstörungen erst nach 2 Stunden abgeklungen waren. Während dieser Zwischenfall Ro's bei einem Versuch in besonderer Höhe eintrat, traten die Störungen bei Ra in einer Höhe zwischen 12 und 12.5 km bei ausreichender O<sub>2</sub>-Atmung mit Maske und eingeschaltetem Bläser auf. Nach ca 10 Minuten Aufenthalt in dieser Höhe begannen Schmerzen auf der ganzen rechten Seite mit einem spastischen Lähmungszustand des rechten Beines, die sich immer mehr steigerten, in der Art, als ob die ganze rechte Seite Ra's zwischen zwei Pressen zerquetscht würde. Zugleich bestanden stärkste Kopfschmerzen, als ob der Schädel auseinandergesprengt würde. Die Schmerzen steigerten sich immer mehr, so dass schliesslich der Abbruch des Versuches notwendig wurde. Die Schmerzen vergingen erst bei Erreichen von Bodenhöhe, während die Störung des rechten Beines noch etwa 5 Minuten andauerte. Beim zweiten Versuch

nahm Ra kurz vorher 2 Tabletten Antineuralgica und 2 Tabletten Pervitin. Im Laufe des Versuchs traten nur leichte Schmerzen im rechten Arm und Bein, massige Kopfschmerzen, aber ein sehr starker unbezwinglicher Hustenreiz auf, also geringere Beschwerden als im vorigen Versuch, obgleich er um 1000 m höher stattfand.

Es traten also bei Ro Störungen auf, die in ihrer Art sehr den schweren Störungen bei den 15-km-Sinkversuchen gleichen, obwohl der Grad des Sauerstoffmangels bei diesem Versuch im Vergleich zu dem 15-km-Versuch minimal war, so dass der Gedanke an ein Kombination von Druckfallerscheinungen mit Sauerstoffmangelerscheinungen sehr nahe liegt.

## 2. Sinkversuche mit O<sub>2</sub>-Atmung.

Da mit den Sinkversuchen aus 15 km ohne Sauerstoffatmung offensichtlich die äusserste Grenze dieser Versuche erreicht war, wurden Sinkversuche aus grösseren Höhen mit Sauerstoffatmung durchgeführt.

Bei den Versuchen wurde folgende Versuchsanordnung gewählt: Aufstieg bis 8 km, Aufenthalt von 5 bis 10 Minuten mit O<sub>2</sub>-Atmung, dann Aufdrehen des O<sub>2</sub>-Bläfers, Drucksturz bis zur vorgesehenen Höhe, 10 Sekunden Wartezeit bei Versuchen aus 17 und 18 km Höhe ohne Wartezeit - und Abstieg in Sinkgeschwindigkeit. Um die senkrechte Körperhaltung wie beim Hängen am Fallschirm nachzuahmen, mussten die Versuchspersonen während des Versuches stehen, da eine Aufhängung in der kleinen Drucksturzkammer nicht möglich war.

Bei Sinkversuchen aus 15 km Höhe trat keine oder leichte rasch vorübergehende Höhenkrankheit auf. Bei den weiteren Sinkversuchen ergab sich folgender Ablauf (Zahlentafel 4):

Zahlentafel 4.  
Sinkversuche mit O<sub>2</sub>-Atmung.

Bewusstlosigkeit nach

---

23 Sek. = 15,75 km	<u>16 km</u>	2 Min., 35 Sek. = 13,55 km
--------------------	--------------	----------------------------

---

	<u>17 km</u>	
10 Sek. = 16,8 km		3 Min., 50 Sek. = 13 km

---

	<u>18 km</u>	
7 Sek. = 17,9 km		10 Min., 35 Sek. = 8,5 km

---

Es zeigte sich also, dass die Bewusstlosigkeit trotz Sauerstoffatmung verhältnismässig rasch eintrat, während das folgende Krampfstadium in sehr viel leichter Form als bei den Versuchen ohne O<sub>2</sub>-Atmung ablief. Es traten vorwiegend klonische, nur vereinzelt leichte tonische Krämpfe auf. Atemlähmung trat niemals ein, beim Erwachen aus der Bewusstlosigkeit waren alle Versuchspersonen wieder voll handlungsfähig. Das so auffallend schnelle Eintreten der Bewusstlosigkeit wurde durch das Stehen beim Versuch verursacht (beim Vergleich mit den entsprechenden Zeiten beim Fallversuch mit O<sub>2</sub> zu berücksichtigen). Sinkversuche aus noch grösseren Höhen wurden nicht vorgenommen, da in der Praxis keinerlei Notwendigkeit besteht, sich aus derartigen Höhen mit entfaltetem Schirm zu retten und sich dabei der Gefahr schwerer Erfrierungen auszusetzen.

3. Fallversuche ohne O<sub>2</sub>-Atmung.

Da aus früheren Versuchen der Ablauf von Fallversuchen aus 12 km Höhe bekannt war und im Rahmen dieser Arbeit sogar Sinkversuche bis 15 km ohne O<sub>2</sub> durchgeführt worden waren, wurde mit Fallversuchen erst in 14 km Höhe begonnen, um die Zahl der Versuche nicht unnötig zu vergrössern.

Der Aufstieg erfolgte durch Drucksturz von 8 auf 14 bzw. 15 km, wobei der Aufstieg bis 8 km mit Sauerstoff und nach 5 bis 10 Minuten Wartezeit der Drucksturz mit Bläser erfolgte. Nach Abnehmen der Maske unmittelbar in Anschluss an den Drucksturz 5 Kniebeugen während der Wartezeit von 10 Sekunden, dann Abstieg in Fallgeschwindigkeit. Während des Drucksturzes wurde die Sauerstoffzufuhr von aussen unterbrochen. Die Ergebnisse dieser Versuche waren (Zahlentafel 5):

Zahlentafel 5.  
Fallversuch ohne O<sub>2</sub>-Atmung

Bewusstlosigkeit nach	<u>14 km</u>	Erwachen nach
30 Sek. = 13,2 km		65 Sek. = 9,7 km
	<u>15 km</u>	
28 Sek. = 14,3 km		96 Sek. = 7,6 km

Die weiteren Versuche bis 20 km Höhe wurden in derselben Anordnung wie die bis 15 km, jedoch ohne Kniebeugen während der Wartezeit von 10 Sekunden durchgeführt, da durch die Kniebeugen zu schnell Bewusstlosigkeit eingetreten wäre und die Bearbeiter die Überzeugung gewonnen hatten, dass bei Rettung aus diesen Höhen das Verlassen des Flugzeuges ohne körperliche Anstrengung (Katapultsitz) erfolgen müsste.

Bewusstlosigkeit nach	<u>16 km</u>	Erwachen nach
32 Sek. = 14,7 km		118 Sek. = 6,6 km
	<u>17 km</u>	
27 Sek. = 15,9 km		126 Sek. = 6,3 km

---

Bewusstlosigkeit nach

Erwachen nach

---

18 km

23 Sek. = 17 km

156 Sek. = 4,6 km

---

19 km

20 Sek. = 18,5 km

173 Sek. = 3,7 km

---

20 km

17 Sek. = 19,75 km

178 Sek. = 3,2 km

---

21 km

15 Sek. = 20,875 km

1 Min., 10 Sek.,  
nach Erreichen von 0 m

---

Aus 21 km Höhe wurde in dieser Reihe nur ein Versuch gemacht, ebenso wie bei den Fallversuchen mit O<sub>2</sub>-Atmung, da die Pumpen die für einen Drucksturz auf 21 km Höhe notwendige Evakuierung der Hauptkammer nur mit stundenlangem Überlastung erzielen, und das für die Versuche verwendete Quecksilberbarometer in dieser Höhe seine Messgrenze hatte. Die beiden Versuche waren nur zu einer Orientierung über das Verhalten des menschlichen Organismus in dieser Höhe gedacht, in der der "Siedepunkt" des Blutes bereits weit überschritten war. Eine systematische Bearbeitung dieser Höhen muss mit vervollkommenen Messinstrumenten und einem zweistufigen Pumpenaggregat in einer neuen Versuchsreihe erfolgen.

Das Ergebnis des Fallversuches ohne Sauerstoff aus 21 km Höhe wurde dadurch beeinträchtigt, dass die Vp. von 11 bis 7 km eine Atemlähmung hatte, wodurch die Erholung sicher erheblich verzögert wurde. Eine Schädigung blieb jedoch nicht zurück.

#### 4. Fallversuche mit O<sub>2</sub>-Atmung.

Fallversuche mit O<sub>2</sub>-Atmung wurden nur als grobe Orientierungsversuche in geringer Zahl vorgenommen, und zwar aus folgenden Gründen: Die grösste Höhe war bei der zur

Verfügung stehenden Versuchsanlage auf maximal 21 km beschränkt; aus dieser Höhe waren aber sogar schon Fallversuche ohne Sauerstoffatmung erfolgreich durchgeführt worden. Dass die Sauerstoffatmung beim Fallschirmabsprung aus derart extremen Höhen aber die Chancen des Absprungs in jedem Falle erheblich verbessert und daher unbedingt zu fordern ist, versteht sich von selbst. Infolgedessen kam es den Bearbeitern nur darauf an festzustellen, in welchem Grade der Verlauf durch Sauerstoffatmung beeinflusst wird, besonders in Bezug auf das Erwachen, das ja ohne Sauerstoff erst in verhältnismässig geringen Höhen erfolgte. Wie zu erwarten, zeigten diese Versuche deutlich den günstigen Einfluss der O<sub>2</sub>-Atmung. (Zahlentafel 6):

Zahlentafel 6.  
Fallversuch mit O<sub>2</sub>-Atmung.

Bewusstlosigkeit nach

Erwachen nach

	<u>20 km</u>	
21 Sek. = 19,5 km		87 Sek. = 10,55 km
	<u>21 km</u>	
15 Sek. = 20,875 km		60 Sek. = 12,9 km

Der erstaunlich erscheinende Wert von 60 Sekunden 12,9 km für das Erwachen beim 21-km-Versuch wird dadurch erklärt, dass dieser Wert von einem einzigen Versuch mit einer Vp. stammt, die sich schon in zahlreichen anderen Versuchen als besonders höhenfest erwiesen hatte. Die 20-km-Werte dagegen sind der Durchschnitt aus einer Reihe von Versuchen.

### III. Besprechung der Ergebnisse.

Die Sinkversuche ohne Sauerstoff zeigen, dass die Grenze für eine sichere Rettung mit entfaltetem Schirm ungefähr bei einer Absprunghöhe von 13 km liegt, da beim Ab-

sprung aus 13 km ein Erwachen erst in 1,6 km Höhe erfolgte und daher schon an die Möglichkeit des Landens in bewusstlosem Zustand mit allen damit verbundenen Gefahren gedacht werden muss. Hierbei ist die starke Belastung und Gefährdung durch die Kälte aber noch nicht berücksichtigt. Wie stark sich aber jede zusätzliche Belastung auswirkt, wird aus dem grossen Einfluss der Körperlage während der Versuche ersichtlich.

Während z.B. im 13-km-Versuch beim Sitzenden, in der Bewusstlosigkeit liegenden Menschen das Erwachen nach 8 Min., 12 Sek., in 7,2 km Höhe eintrat, erwachten die hängenden erst nach 19 Min. in 1,6 km Höhe. Entsprechend trat auch die Bewusstlosigkeit im Hängen erheblich rascher als im Sitzen ein. Dieselbe Beobachtung wurde bei den 15-km-Versuchen gemacht, und zwar konnten jene, die den Versuch im Liegen überstanden, sofort nach Erreichen von Bodenhöhe Name und Geburtstag, allerdings bei körperlicher Handlungsunfähigkeit, bereits angeben, während die hängenden in dieser Zeit gar nicht ansprechbar waren. Bis auf eine geistig sehr träge Vp. trat auch der Normalzustand beim Liegenden erheblich früher, nämlich innerhalb von 15 Minuten, ein. Die bis 18 km Höhe ausgedehnten Sinkversuche mit O<sub>2</sub>-Atmung ergaben, dass, abgesehen von der Kältegefahr, sogar aus diesen Höhen die Rettung mit entfaltetem Schirm möglich ist, wenn auch praktisch hierfür keine Notwendigkeit besteht.

Bevor wir auf die Besprechung der Fallversuche eingehen, erscheint es uns notwendig, die Arbeit von Lutz und Wendt über "Tierversuche zum Fallschirmabsprung aus Überdruckkabinen" heranzuziehen. Leider stand uns diese Arbeit während der Versuche nicht zur Verfügung, so dass wir auf die darin enthaltenen, aus zahlreichen Tierversuchen gewonnenen wertvollen Ergebnisse und die Erfahrungen der Verfasser nicht aufbauen konnten. Obwohl die beiden Autoren mit der notwendigen Skepsis an die Aufgabe herangingen, "durch Tierversuche Entscheidungen in Fragen zu erhalten, für die letztenendes ausschliesslich das Verhalten

des Menschen in gleichen Situationen interessiert", konnten und mussten sie sich doch auf die bisher bewährte Erfahrung stützen, dass zwischen Tier und Mensch zwar erhebliche quantitative, d.h. in diesem Falle zeitliche Unterschiede, jedoch keine grundsätzlichen qualitativen, d.h. Unterschiede in der Art und Weise der Reaktion auf den Sauerstoffmangel, zu erwarten seien. Die Erfahrungen unserer Versuche zeigen jedoch, dass z.T. sowohl quantitativ wie qualitativ derart grosse Unterschiede vorhanden sind, dass die obigen Tierversuche zu schweren, für die weitere Entwicklung bedeutsamen Irrtümern führen müssen. Dies zeigt sich insbesondere beim Vergleich der am Tier gewonnenen Ergebnisse mit den im Menschenversuch gesammelten Erfahrungen für die Rettung aus grossen Höhen durch Fallenlassen ohne Sauerstoff. Auf Grund der Tierversuche mussten Lutz und Wendt zu der Überzeugung kommen, dass bei  $O_2$ -Atmung vor dem Drucksturz " Sprünge aus 14 km Höhe grundsätzlich überlebt werden. Damit ist die oberste Grenze jedenfalls erreicht.....", während Menschenversuche von uns bis 21 km Höhe ohne irgendeine Schädigung der Vp. durchgeführt werden konnten. Bei allen Versuchen auf 20 km erwachten die Versuchspersonen oberhalb 3 km, also in einer sogar für den tatsächlichen Fallschirmabsprung ausreichenden Höhe zu klarem Bewusstsein mit spontaner Handlungsfähigkeit. Sie läuteten, wie vor dem Versuch befohlen, mit einer in der Kammer aufgehängten Kuhglocke durch Ziehen an einem Griff, gedacht als Ziehen des Fallschirmgriffes, ohne erneute Aufforderung hierzu, so dass sie im Ernstfall auch sicher den Schirm rechtzeitig gezogen hätten.

Versuche mit Drucksturz von 4 km ohne  $O_2$ -Voratmung wurden von uns nicht durchgeführt, weil wir von der Ansicht ausgingen, dass bei der Möglichkeit der Feindberührung Druckkabinenmaschinen mit einem 8 km Höhe entsprechenden Druck fliegen und die Besatzungen schon beim evtl. Drucksturz durch Verletzung der Kabine immer  $O_2$  atmen würden.

Da die Fallversuche ohne Sauerstoff bereits derart gute Resultate ergaben, wurden Fallversuche mit Sauerstoff erst in 20 km Höhe begonnen und konnten leider auf Grund der oben geschilderten Bedingungen nur bis 21 km durchgeführt werden. Es wurden hier die von Lutz und Wendt gewonnenen Ergebnisse in der Beziehung voll bestätigt, dass Sprünge auch aus über 21 km wahrscheinlich ohne Gefährdung durchgeführt werden können, und dass ein Sieden des Blutes bis 21 km Höhe noch nicht eintritt. Dagegen wurde beim Menschen im Fallversuch niemals ein posthypoxämischer Scheintod und ebenfalls niemals ein posthypoxämischer Dämmer Schlaf (Lutz) beobachtet.

Abschliessend muss im Hinblick auf die extremen Versuchsbedingungen besonders festgestellt werden, dass bei dieser ganzen Versuchsreihe kein Todesfall und ebenso kein bleibender Sauerstoffmangelschaden eintrat.

#### IV. Folgerungen aus den Ergebnissen.

Für die praktische Durchführung der Rettung aus grössten und grossen Höhen durch Fallschirmabsprung ergibt sich aus den Versuchen folgendes:

Der Absprung ohne Sauerstoffgerät mit sofortiger Entfaltung des Schirmes ist bis 13-km-Absprunghöhe möglich, der Absprung mit Sauerstoffgerät kann aus Absprunghöhen bis 18 km durchgeführt werden. Da jedoch die Gefahr der Erfrierung erheblich ist, und eine Notwendigkeit zum Ziehen des Schirmes in grossen Höhen nicht besteht, muss vom Absprung mit entfaltetem Schirm abgeraten werden. Die Ergebnisse geben aber Aufschluss über die Chancen des Fallschirmspringers, dessen Schirm aus irgendwelchen Gründen in grossen Höhen entfaltet worden ist.

Der Absprung mit Durchfallenlassen und Entfaltung des Schirmes in geringeren Höhen kann ohne Sauerstoffgerät bis 20 km Absprunghöhe durchgeführt werden, mit Gerät bis 21 km und wahrscheinlich erheblich darüber.

Bei allen Versuchen in grossen Höhen, auch bei den Versuchen mit  $O_2$ -Atmung, trat die Bewusstlosigkeit und natürlich noch früher die Handlungsunfähigkeit ausserordentlich rasch ein, im ungünstigsten Falle stehend beim Sinkversuch mit  $O_2$  aus 18 km, nach 7 Sekunden. Mit einer längeren Zeit als 10 Sekunden bis zum Eintritt der Handlungsunfähigkeit wird man auch bei körperlicher Ruhe für grössere Höhen nicht rechnen dürfen. In dieser Zeit muss also das Flugzeug verlassen oder zumindest eine Automatik zum Herausschleudern in Betrieb gesetzt worden sein. Die technische Lösung dieses Problems muss von anderer Seite gefunden werden. Fest steht nur, dass ein Aussteigen mit eigener Kraft unmöglich sein wird, jede körperliche Anstrengung unbedingt vermieden und die Zeit so kurz wie möglich gehalten werden muss. Die Rettung ist noch aus sehr grossen Höhen möglich, der kritische Punkt ist das Verlassen des Flugzeugs.

Das Fallschirmsauerstoffgerät ist für Flüge in diesen Höhen unbedingt zu fordern, da es für den Absprung die günstigsten Bedingungen sichert, beim Versagen des Geräts, Verlust des Mundstückes oder anderen Zwischenfällen ist jedoch bis 20 km noch nicht mit schweren Störungen oder Schädigungen zu rechnen. Auch Absprünge aus 21 km werden noch gut gehen, wenn eine automatische Auslösung des Schirmes durch barometrische Steuerung in 7 bis 4 km Höhe erfolgt.

Die automatische Auslösung muss aus mehreren Gründen gefordert werden:

1. In vereinzelt Fällen kann der Fallschirmspringer infolge Kollaps oder Verletzungen nicht mehr in ausreichender Höhe über dem Boden das Bewusstsein erlangen.
2. Infolge der Kälte kann es vorkommen, dass der Fallschirmspringer in der Beweglichkeit der Hände beeinträchtigt und dadurch beim Ziehen des Schirmgriffes gehindert ist.
3. Infolge der durch  $O_2$ -Mangel bedingten Bewusstlosigkeit

verliert der Fallschirmspringer, wie sich bei allen Versuchen zeigte, jegliches Gefühl für die seit dem Absprung vergangene Zeit, so dass für ihn bei fehlender Sicht keine Möglichkeit, die Höhe zu schätzen, besteht.

Aus dem unter 3. angeführten Grunde wäre es andererseits wünschenswert, dass die Auslösung des Schirmes in Höhen über 7 km blockiert ist, da sonst häufig der Fallschirmspringer sofort nach dem Erwachen aus der Höhenkrankheit den Schirm zu früh in grossen Höhen ziehen würde.

Für den Drucksturz selbst und die Sekunden bis zum Eintreten der Höhenkrankheit nach dem Drucksturz sind die besten Voraussetzungen gegeben, wenn mit Kabinendruck entsprechend 8 km und O<sub>2</sub>-Atmung geflogen wird.

Da ein Verlassen des Flugzeuges auch aus anderen Gründen als Beschädigung der Druckkabine notwendig werden kann, muss ein Ventil den Druckausgleich in einer angemessenen Schnelligkeit ermöglichen.

Erscheint ein Verlassen des Flugzeuges trotz Verlust des Kabinendrucks nicht nötig, so ist beim automatisch gesteuerten Rettungssturz die Gefährdung durch O<sub>2</sub>-Mangel noch geringer als beim Fallschirmabsprung, da der Sturz mit erheblich grösserer Geschwindigkeit erfolgen kann.

#### V. Zusammenfassung.

Es wurden Versuche über die Rettungsmöglichkeiten aus Höhen bis 21 km angestellt.

Ohne Fallschirmsauerstoffgerät ist eine Rettung im Sinkversuch noch aus 13 km, mit O<sub>2</sub>-Gerät aus 18 km Höhe, möglich. Die Kältegefährdung muss berücksichtigt werden.

Im Fallversuch erwies sich die Rettung aus 21 km Höhe mit und ohne O<sub>2</sub>-Gerät als möglich. Eine automatische Fallschirmauslösung ist notwendig. Sieden des Blutes tritt in 21 km Höhe noch nicht ein.

Vor dem Drucksturz muss Sauerstoff geatmet werden, das Verlassen des Flugzeuges muss durch Katapultsitz erfolgen. Der Rettungssturz bietet sehr gute Rettungsmöglichkeiten, wenn ein Verlassen des Flugzeuges nach Verlust des Kabinendruckes nicht notwendig ist.

### S c h r i f t t u m .

L u t z und  
W e n d t

Tierversuche zum Fallschirmabsprung  
aus Überdruckkabinen.

Mitteilungen a.d. Gebiet d. Luftfahrt-  
medizin, Forsch.B. 5/42.

R o m b e r g

Der Fallschirmabsprung aus grossen  
Höhen.

FB Nr. 1416, Deutsche Luftfahrtforsch.



cc



NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE



199X

NLM 03620063 8