

Nathan Zuntz

Wegbereiter der modernen Höhenphysiologie; Mitbegründer der Luftfahrtmedizin

Hans-Christiaan Gunga, Berlin

Abstract

Nathan Zuntz (1847-1920) was a key person in the history of high altitude physiology and aviation medicine. As a professor of animal physiology at the Landwirtschaftliche Hochschule (Agricultural University) in Berlin from 1881 until 1918, he carried out laboratory studies on the changes in metabolism at rest and during exercise. To this end he, together with August Julius Geppert (1856-1937), developed the famous "Zuntz-Geppert'schen Respirationsapparat" (Zuntz-Geppert respiratory apparatus) in 1885. In the early 1890's, Zuntz extended his research to the field of high altitude physiology. For their investigations in the field Zuntz invented a transportable gas exchange measuring device. A synopsis of these studies was published by Zuntz in 1906, the famous book "Höhenklima und Bergwanderungen" (High altitude climate and mountain-touring). A few years later Zuntz undertook further expeditions to the Canary Islands, conducting studies in airships and planes until 1914. For over 52 years, the work of Nathan Zuntz (1847-1920) covered an amazingly wide spectrum of research fields; metabolism, nutrition, respiration, cardio-vascular physiology, blood gases, exercise, and high altitude physiology were the main themes. He invented several new devices such as the Zuntz-Geppert respiratory apparatus in 1886 and the first Laufband (treadmill) in 1889. Zuntz retired in 1916 and died in Berlin on March 22, 1920. He can be regarded as one of the main figures in the history of high altitude physiology and aviation medicine, in general.

Zusammenfassung

Nathan Zuntz (1847-1920) war ein herausragender Wissenschaftler in der Geschichte der Höhenphysiologie und Luftfahrtmedizin. Als Professor für Tierphysiologie an der Landwirtschaftlichen Hochschule in Berlin führte er von 1881 bis 1918 Laboruntersuchungen über die Veränderungen des Stoffwechsels in Ruhe und bei Bewegung durch. Zu diesem Zweck entwickelte er 1885 zusammen mit August Julius Geppert (1856-1937) den berühmten "Zuntz-Geppert'schen Respirationsapparat". In den frühen 1890er Jahren erweiterte Zuntz seine Forschungen auf das Gebiet der Höhenphysiologie. Für die Untersuchungen auf diesem Gebiet erfand Zuntz ein Messgerät für den Gasaustausch in der Höhe. Eine Zusammenfassung dieser Studien veröffentlichte Zuntz 1906 in dem berühmten Buch "Höhenklima und Bergwanderungen". Einige Jahre später führte Zuntz weitere Expeditionen auf die Kanarischen Inseln und bis 1914 Studien in Luftschiffen und Flugzeugen durch. Über 52 Jahre lang deckte die Arbeit von Nathan Zuntz (1847-1920) ein erstaunlich breites Spektrum an Forschungsgebieten ab; Stoffwechsel, Ernährung, Atmung, Blutgase, Herz-Kreislauf-, Sport- und Höhenphysiologie waren die Hauptthemen. Er erfand mehrere neue Geräte wie den Zuntz-Geppert-Atmungsapparat (1886) und das erste Laufband (1889). Zuntz ging 1916 in den Ruhestand und starb am 22. März 1920 in Berlin. Er kann zweifelsohne als eine der Schlüsselfiguren in der Geschichte der Höhenphysiologie und der Luftfahrtmedizin angesehen werden.

Biographie und Wissenschaftsgebiete von Nathan Zuntz

Nathan Zuntz (**Abb. 1**) wurde am 6. Oktober 1847 in Bonn geboren. Seine Mutter Julie, geb. Katzenstein, war in Kassel geboren und aufgewachsen, und sein Vater war ein jüdischer Kaufmann in Bonn, Leopold Zuntz, der in Deutschland eine Kaffeehaus-



Abb. 1 Nathan Zuntz im Alter von ca. 65 Jahren an seinem Arbeitsplatz in der Königlich Landwirtschaftlichen Hochschule Berlin

dynastie ("A. Zuntz sel. Wwe.") begründete, das Ende der 1920er Jahre ein florierendes Unternehmen mit 800 Mitarbeitern, zahlreichen Filialen und eigenen Cafés im ganzen Land war. In den Jahren 1849-1863 wurden Nathans zehn Geschwister Albert, Carolina, Jeanette, Emma, Simonetta, Anna, Joseph, David, Mathilde und Siegmund Richard geboren. Nathan, der Erstgeborene, war von zarter Konstitution und

wurde deshalb erst mit sieben Jahren, 1854, am Gymnasium in Bonn eingeschult. 1863 – kurz vor dem Abitur – brach Zuntz den Schulbesuch ab und begann eine Lehre als Bankkaufmann in Bonn. Doch Zuntz' Ausbildung bei der Bonner Bank war kurz. Schon nach wenigen Wochen musste er die Lehrstelle aufgeben, weil er sich unangemessen benommen und ein Tintenfass über das Protokollbuch verschüttet hatte und daraufhin entlassen wurde (Gunga 2009). Nach der Rückkehr auf das Bonner Gymnasium legte Zuntz im Herbst 1864 im Alter von 17 Jahren sein Abitur ab. 1864 kann als das Datum bestimmt werden, an dem sich Zuntz als Student an der Universität Bonn einschrieb. 1868 als das Datum, an dem er die Universität verließ. Zuntz wurde im vierten Semester seines Studiums Assistent bei Schultze. Sein Rigorosum (mündliche Prüfung zur Promotion) bestand er mit der Note "summa cum laude" und seine Inauguraldissertation wurde unter dem Titel "Beiträge zur Physiologie des Blutes" veröffentlicht. Im Jahr 1868 bestand Zuntz das Staatsexamen und erhielt die Zulassung als Arzt. Bis September 1869 praktizierte Zuntz in Oberpleiß am Siebengebirge. Danach ging er zum Wintersemester an die Charité und andere Einrichtungen

in Berlin und besuchte Kurse und Seminare bei Graefe, Frerichs, Virchow, Westphal, Traube.

Nach seiner Rückkehr aus Berlin begann Zuntz 1870 als Assistent von Pflüger in Bonn zu arbeiten. Als Zuntz 1868 sein Medizinstudium abschloss, war im Jahr zuvor das "Chemisch-physikalische und physiologische Laboratorium der Königlich Landwirtschaftlichen Akademie Poppelsdorf" bei Bonn gegründet worden, ebenso wie das von Kekulé geleitete Institut für Chemie. 1872 wurde das Anatomische Institut aus dem Gebäude am Hofgarten (heute Akademisches Kunstmuseum) nach Poppelsdorf verlegt. In Bonn wurden die Fächer Anatomie und Physiologie seit 1859 getrennt gelehrt, und der berühmte Eduard Pflüger (1829-1910) war noch als junger Schola auf den neu geschaffenen Lehrstuhl für Physiologie berufen worden. So entwickelte sich im Laufe der nächsten zwei Jahrzehnte in Poppelsdorf bei Bonn aus einfachsten Anfängen ein Zentrum der Naturwissenschaften. Nach seiner Rückkehr aus Berlin wurde Zuntz am 1. April 1870 Assistent von Pflüger, nachdem er bereits mehrere wissenschaftliche Abhandlungen über den Säure-Basen-Haushalt des Blutes, zum Teil gemeinsam mit Pflüger, veröffentlicht und im selben Jahr das Habilitationsverfahren eingeleitet hatte (Gunga 2009). Der Ausbruch des Deutsch-Französischen Krieges von 1870/71 unterbrach die Karriere des jungen Wissenschaftlers. Ende 1872 nahm Zuntz eine Stelle als Lehrer an der Königlich Landwirtschaftlichen Akademie Poppelsdorf an, 1874 wurde Zuntz zum außerordentlichen Professor ernannt. Im Jahr 1880 erhielt Zuntz einen vorläufigen Bescheid über seine Berufung auf den Lehrstuhl für Veterinärphysiologie an der Landwirtschaftlichen Akademie in Berlin (**Abb. 2**).



Abb. 2 Die Königlich Landwirtschaftliche Hochschule Berlin um 1906 (Gunga 2009)

Eine der herausragenden Eigenschaften von Zuntz' Arbeit war die enge Verbindung zwischen Theorie und Praxis. Dies zeigte sich bereits in den Ansätzen seiner frühen Bonner Jahre, und im Laufe der 1890er Jahre entfaltete sich dieser Charakterzug auf einer Vielzahl von Gebieten.

Als Zuntz 1881 seine neue Stelle in Berlin antrat, waren die Weichen für eine neue Ära der veterinärphysiologischen Forschung in Berlin gestellt.

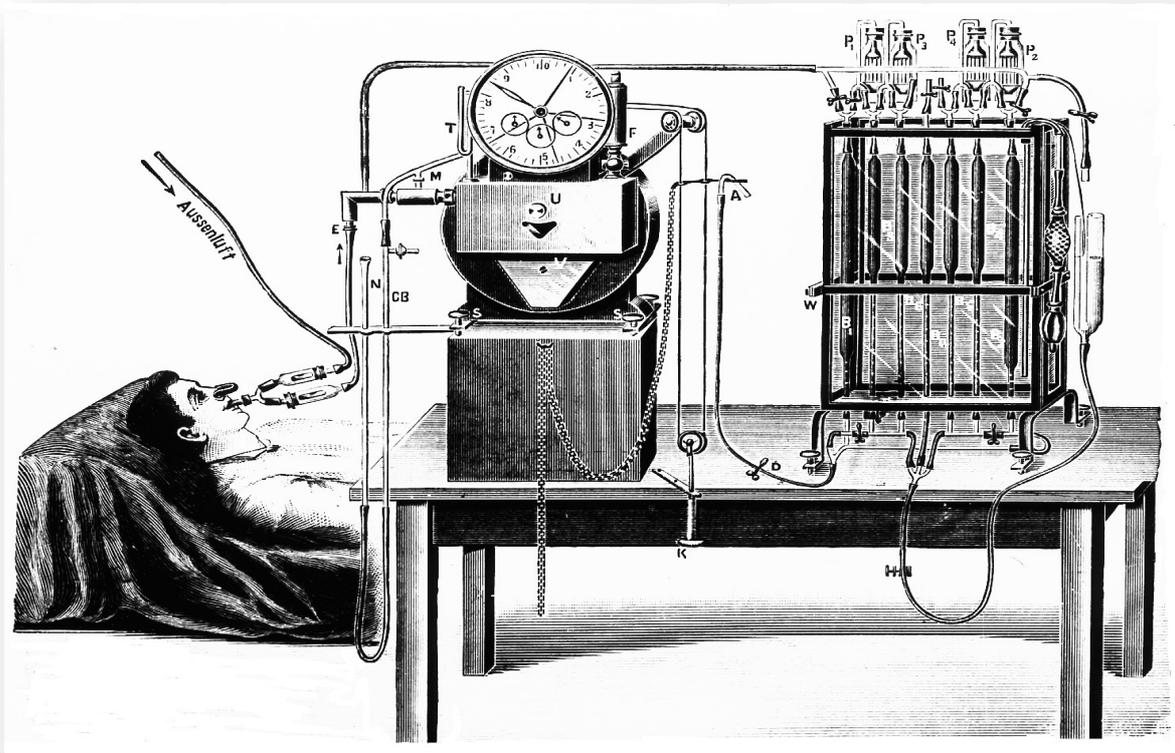


Abb. 3 Der Zuntz-Geppert'sche Respirationsapparat in einem typischen experimentellen Aufbau zur Bestimmung des Stoffwechsels (Gunga 2009)

Trotz aller notwendigen Improvisationen konnte Zuntz Anfang der 1880er Jahre in Zusammenarbeit mit Geppert mit seinen Experimenten zur Physiologie der Atmung und des Stoffwechsels beginnen, die sich später als grundlegend für die Atmungs- bzw. Stoffwechselforschung erweisen sollten (Gunga & Kirsch 1995a; Gunga & Kirsch 1995b). Im Rahmen dieser Forschung erfanden sie den berühmten "Zuntz-Geppert-Atmungsapparat" (**Abb. 3**).

Darüber hinaus formulierten Zuntz und Geppert die Gleichung zur Bestimmung des Sauerstoffverbrauchs in Ruhe und unter Belastung, wobei sie nur das expiratorische (oder inspiratorische) Volumen maßen. Zur gleichen Zeit schlossen Zuntz und von Mering die Untersuchungen zur Physiologie der Verdauung ab und führten den Begriff "Verdauungsarbeit" ein (Gunga 2009). Infolge seiner Studien zur Atmungs-, Stoffwechsel- und Ernährungsphysiologie begann Zuntz, sich für die Bewegungsphysiologie und die menschliche Leistungsfähigkeit in extremen Umgebungen zu interessieren. Da diese Forschungen von pragmatischer und wirtschaftlicher Bedeutung waren, erhielt das Institut mehr und mehr Anerkennung, finanzielle Mittel und sogar die

Anerkennung durch Kaiser Wilhelm II. Zuntz selbst betonte später bei vielen Gelegenheiten die wirtschaftliche Bedeutung seiner Forschung (Zuntz, 1899a, S. 3). Die "Untersuchungen über den Stoffwechsel des Pferdes bei Ruhe und Arbeit" waren so grundlegend, dass sie noch heute hochgeschätzt werden (Gunga 2009).

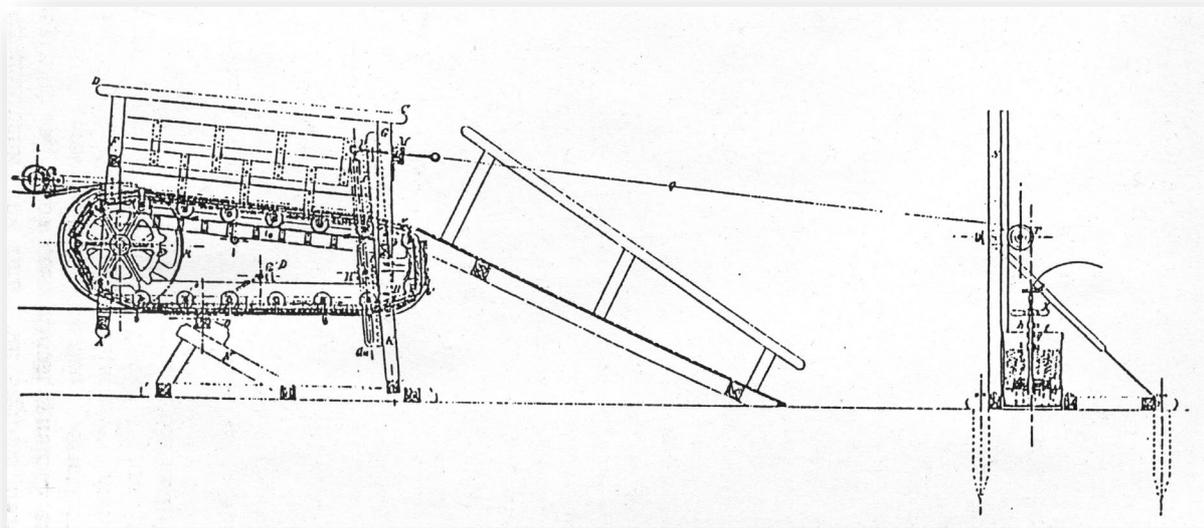


Abb. 4 Das von Zuntz and Hagemann entwickelte Laufband im Jahr 1889 (Gunga 2009)

Das Spektrum seiner Arbeiten reichte nun von der Blut-, Kreislauf- und Muskelphysiologie über die Ernährungs- und Verdauungsphysiologie, die Tierzucht und das Hungern, die Embryologie bis hin zu Problemen der Klima- und Höhenphysiologie (Gunga & Kirsch 1995a; Gunga & Kirsch 1995b; Gunga 2009). Im Zuge seiner Studien, insbesondere an Pferden, erfanden Zuntz und Hagemann das Laufband (**Abb. 4**) und führten direkte Messungen der Atmung und des Blutdrucks im Säugetier Fötus durch. Einige Jahre später folgte das Zuntz-Voit-Ergometer für ähnliche Untersuchungen. Die erwähnten Blutdruckmessungen an Pferden gehörten zu den ersten Messungen, die in der wissenschaftlichen Literatur veröffentlicht wurden, einzigartige, geradezu legendäre Studien (Fishman & Richards 1964; Gunga 2009). Die von Zuntz angewandten Methoden wurden später (1929) von Campos und Mitarbeitern an der Harvard University verwendet, um den Energieverbrauch von Hunden beim Laufen auf einem Laufband zu quantifizieren (Gunga 2009). Dabei konnte Zuntz durch die Anwendung des Fick'schen Prinzips zur Bestimmung des Herzzeitvolumens weitreichende Entdeckungen über den Gasaustausch und die Leistungsfähigkeit des Herzens machen.

Viel später, nach dem Ende des Zweiten Weltkriegs, soll Forßmann laut Cournand Anspruch auf diese ursprünglich von Zuntz entwickelten Ideen erhoben haben. In den frühen 1890er Jahren begannen Zuntz und Loewy, ein lebenslanger Freund und

Mitarbeiter und Experte für Atmungsphysiologie, gemeinsam mit Lazarus, dem Direktor des Jüdischen Krankenhauses in Berlin, der über eine therapeutische pneumatische Kammer verfügte (Gunga 2009), an der Wirkung von Hypobarie-Hypoxie zu arbeiten. Die pneumatische Kammer selbst war eine Kopie der von Paul Bert in Paris gebauten Kammer. Wie bereits erwähnt, wurde die Kammer hauptsächlich zu therapeutischen Zwecken genutzt, aber auch Wissenschaftlern, Ballonfahrern und anderen Forschern für wissenschaftliche Studien und Experimente zur Verfügung gestellt. Für die Höhenforschung von Zuntz war die pneumatische Kammer des Jüdischen Krankenhauses von besonderer Bedeutung. Die dort durchgeführten Vorversuche waren gewissermaßen das Labor-Pendant zu den physiologischen Feldstudien, die Zuntz Mitte der 1890er Jahre in den Alpen, auf Teneriffa und bei Ballonfahrten

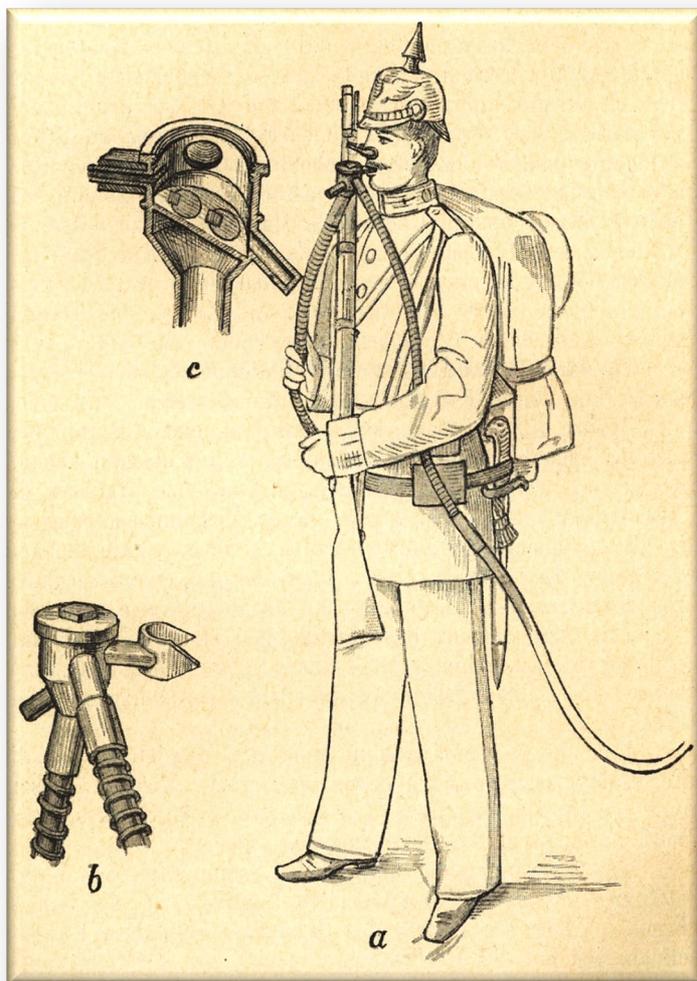


Abb. 5 Ein preussischer Soldat im Jahr 1901 ausgerüstet mit einer transportablen Gasuhr nach Zuntz (Gunga

heute noch in grundlegenden Lehrbüchern der Bewegungsphysiologie zitiert. Im weitesten Sinne handelte es sich bei den "Studien zur Physiologie des Marsches" um

begonnen hatte. Zuntz hielt es für unabdingbar, dass die endgültigen Schlussfolgerungen nicht nur auf physiologischen Daten aus einer Laborumgebung beruhen, sondern auch einer Kontrolle im Feld standhalten und umgekehrt. Dieses methodische Vorgehen spiegelt sich am deutlichsten in seinen "Studien zu einer Physiologie des Marsches" wider, die sehr eng mit seinen Untersuchungen auf dem Gebiet der Höhenphysiologie verbunden sind. Einige Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus diesen Studien waren bahnbrechend und werden auch

eine Auftragsarbeit für das deutsche Kriegsministerium, das im Frühjahr 1894 eine Untersuchung in Auftrag gegeben hatte, die dazu diente, die erforderlichen physiologischen Eigenschaften für die zulässige Belastung von Soldaten auf Märschen festzustellen (Gunga 2009) (**Abb. 5**).

Diesem Ministerbeschluss waren Diskussionen in den oberen Rängen der Armee vorausgegangen, die sich genau mit dieser Frage befassten. Alle Beteiligten waren sich einig, dass die Last, die die Soldaten zu dieser Zeit trugen, zu groß war. Zudem hatte die Verbesserung der militärmedizinischen Studien im 19. Jahrhundert die berechnete Hoffnung geweckt, dass die neuen Erkenntnisse der Wissenschaft in der Praxis angewandt werden könnten, um die Kampfkraft der Armee zu erhalten und zu fördern. Die Studie ergab, dass der Respirationsquotient am Ende der Märsche stets reduziert war, d. h., dass anstelle der durch die Arbeit verbrauchten Kohlenhydrate bei langanhaltender körperlicher Betätigung Fett verstoffwechselt wurde. Wie weitere Messungen zeigten, waren die durch den Marsch reduzierten Kohlenhydratspeicher des Körpers auch am nächsten Tag noch nicht wieder aufgefüllt.

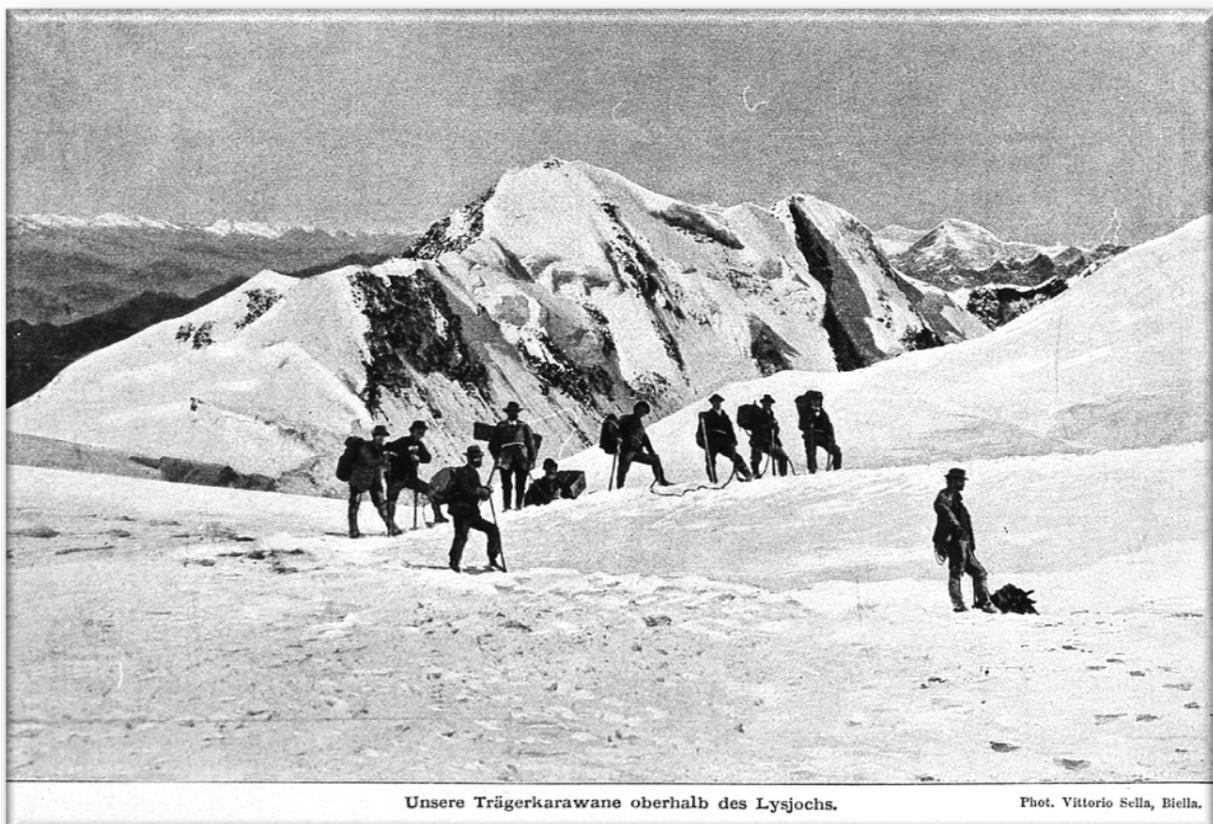


Abb. 6 Die große Monte Rosa Expedition im Sommer 1901 (Gunga 2009)

Im August 1895 führten Zuntz und Schumburg am Monte Rosa die erste Feldstudie in großer Höhe durch. Damit begannen Zuntz und seine Schule mit der Höhenforschung, die unter anderem mit Arnold Durig in den Jahren 1895 bis 1903 im Monte-Rosa-Massiv und 1910 auf dem Pico del Teide auf Teneriffa stattfand.

Zentrale wissenschaftliche Schwerpunkte von Zuntz' Expeditionen waren die Auswirkungen des Höhenklimas auf den Stoffwechsel, auf die Blutbildung und die Ätiologie der "Bergkrankheit" (Höhenkrankheit). Diese Expedition sowie eine weitere im Jahr 1896 lieferten nur unbefriedigende Ergebnisse und führten zu dem Entschluss, eine längere Expedition mit einer größeren Anzahl von Teilnehmern durchzuführen, und so kam es im Sommer 1901 zu Zuntz' großer Expedition zum Monte Rosa (**Abb. 6**), bei der die neu gebaute Capanna Regina Margherita benutzt wurde (West 1998).

Im Jahr 1903 brach Zuntz erneut zum Monte-Rosa-Massiv auf, diesmal in Begleitung von Arnold Durig. Diese Expedition wurde von der Königlich Preußischen Akademie in Berlin und dem österreichischen Ministerium für Kultur und Unterricht gefördert. Ziel war es, die Atmungs- und Stoffwechselexperimente der großen Expedition von 1901 zu erweitern und abzuschließen. Diese Alpenexpedition von 1903 überstieg jedoch eindeutig die Ausdauer und die Gesundheit von Zuntz, der inzwischen über fünfzig Jahre alt war, wie Arnold Durig an anderer Stelle berichtete (Durig, 1920, S. 344-345). Während dieser Reise verbrachten Zuntz und Durig fast drei Wochen in den Gipfelregionen des Monte Rosa. Dies sollte Zuntz' letzte große Expedition in den Alpen sein. Die folgenden Monate waren der Sichtung und Auswertung des umfangreichen Materials gewidmet. Die Ergebnisse dieser Studien bildeten den Hauptteil des 1906 erschienenen Werkes "Höhenklima und Bergwanderungen" von Zuntz et al. und Durigs Publikation in den "Denkschriften der Kaiserlichen Akademie" von 1911.

In den folgenden Jahren als Rektor der Landwirtschaftlichen Hochschule in Berlin musste Zuntz' wissenschaftliche Arbeit hinter seinen anderen Aufgaben zurückstehen. Allerdings besuchten ihn in dieser Zeit viele berühmte Wissenschaftler wie Marie und August Krogh (Kopenhagen) und Joseph Barcroft (Cambridge) im Sommer 1907. Im Jahr 1908 verbrachte Zuntz den Sommer in den Vereinigten Staaten, wo er an einem Kurs in Biochemie teilnahm, der auf der dritten Tagung der Landwirtschaftskonferenz der Cornell University in Ithaca, N.Y., abgehalten wurde. Zurück in Berlin war ein zentrales Thema für ihn die Frage, unter welchen physiologischen Bedingungen Laktat gebildet wird. Zuntz glaubte, dass Laktat nur unter hypoxischen Bedingungen gebildet

wird. Wie Barnard und Holloszy kürzlich feststellten, war dies ein Punkt, "in dem sich Zuntz irrte, und seine Interpretation war angesichts des völligen Mangels an Informationen über die Regulierung der Glykogenolyse sehr vernünftig" (Barnard und Holloszy, 2003, S. 294). Zuntz und seine Schule hatten jedoch völlig Recht, als sie auf der Grundlage ihrer zahlreichen Studien zur Ernährung in den vorangegangenen Jahrzehnten zu dem Schluss kamen, dass sowohl Fett als auch Kohlenhydrate beim Menschen hauptsächlich als Energiesubstrate während der sportlichen Betätigung dienen und dass die Rolle von Eiweiß als energielieferndes Substrat vernachlässigbar war (Barnard und Holloszy, 2003, S. 294-297; Brooks und Gladden, 2003, S. 323, S. 330-331).

In den Jahren um 1910 wandte sich Zuntz mit neuem Interesse einem Forschungsthema zu, das ihn bereits einige Jahre zuvor intensiv beschäftigt hatte: der Klimaphysiologie. Um den praktischen Nutzen einer solchen Studie zu verdeutlichen, verwies Zuntz auf seine eigenen marschphysiologischen Untersuchungen, die er mit Soldaten durchgeführt hatte: "Diese Untersuchungen haben zu dem praktischen Ergebnis geführt, dass die Marschfähigkeit der Soldaten durch eine gewisse Verringerung des Gepäckgewichts und durch eine bessere Anpassung der Kleidung an die Erfordernisse der Wärmeverausgabung gesteigert werden konnte. Darüber hinaus haben diese Untersuchungen auch gezeigt, dass der Verzehr von leicht verdaulichen Nahrungsmitteln in kleinen Mengen, insbesondere von Zucker, während anstrengender Märsche sehr vorteilhaft ist. Bei diesen Experimenten stellte sich heraus, dass das größte Hindernis für hohe Leistungen eine zu hohe Temperatur ist. (. . .) Die Temperatur, bei der die Leistung erheblich eingeschränkt wird, hängt von mehreren Faktoren ab, von denen die Feuchtigkeit und die Luftbewegung die wichtigsten sind. Bei meinen Experimenten mit den marschierenden Soldaten konnte ich feststellen, dass die Gefahr von Hitzestress bei einer bestimmten Temperatur in dem Maße geringer ist, in dem sich die Luft bewegt und trocken ist." (Brief von Zuntz an Loebker, 1908, fol. 89-92, Staatsbibliothek Berlin, zitiert nach Gunga 2009). Es gelang ihm nach eigenen Angaben sogar, die die Schweißmenge, die der Körper ausscheiden muss, um bei verschiedenen Temperaturen, Windgeschwindigkeiten und Luftfeuchtigkeiten nicht zu überhitzen, zahlenmäßig genau zu bestimmen.

So ist es nicht verwunderlich und kein Zufall, dass sich Zuntz in diesen Jahren 1911 auch intensiv in den Begutachtungsprozess zur Gründung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung von Wissenschaft und Forschung (der heutigen Max-

Planck-Gesellschaft) einbringt. Die Liste der teilnehmenden Experten liest sich wie ein Who-is-Who der zeitgenössischen Fachelite und es kann als Beweis für die große Wertschätzung von Zuntz gesehen werden, dass er als außeruniversitärer Forscher neben so illustren Kollegen wie E. Fischer (Berlin), Waldeyer (Berlin), Rubner (Berlin), v. Wassermann (Berlin), M. Delbrück (Berlin) und S. Arrhenius (Stockholm, Schweden) um eine Stellungnahme gebeten wurde. Ziel war es, ein "bio-ontologisches Institut in Dahlem" zu gründen, dass "alle Wissenschaften, die sich mit Organismen und ihrer Entwicklung befassen", vereinen sollte. Es sollte "ein Komplex von zusammenhängenden, aber einzelnen Instituten" sein, wie "Zoologie (wie) vergleichende Anatomie, Embryologie und Physiologie (...) und bisher als abgelegen geltende Gebiete wie Paläontologie und Anthropologie", die stärker an biologische Disziplinen angebunden werden sollten (Gunga 2009). Gleichzeitig interessierte sich Zuntz mehr und mehr für klimatologische und balneologische Forschungen. Ein Zitat aus einem Vortrag, den Zuntz 1911 vor der Balneologischen Gesellschaft in Berlin hielt, lautet. "Die Klimaforschung ist natürlich für das von Ihnen vertretene Forum von höchstem Interesse, da sie die Grundlage für hygienische und therapeutische Maßnahmen liefert. Aber die Kenntnis der Beziehungen zwischen Klima und Mensch ist auch von höherer anthropologischer und wirtschaftlicher Bedeutung. Sie gibt uns die Grundlage, um die Leistungsfähigkeit des Menschen in verschiedenen Klimazonen zu beurteilen. Und in dem Maße, in dem Standardregeln für die Behebung schädlicher Klimaauswirkungen das Ergebnis der gewonnenen Erkenntnisse sind, werden sie uns in die Lage versetzen zu wissen, wie der Mensch unter extremen Klimabedingungen überleben kann" (Gunga 2009).

Später fasst Zuntz den Zweck und die Aufgaben der Klimaforschung für die Balneologie wie folgt zusammen: "In jüngster Zeit wird versucht, einzelne Klimafaktoren – hohe und niedrige Temperaturen, intensives Licht, elektrische Aufladung der Atmosphäre und deren Emanationsgehalt – als Heilmittel zu nutzen. In der Regel werden wir uns aber nur die Mischung der vielfältigen Wirkungen zunutze machen können, die das Klima eines Ortes bietet. Die Klimaphysiologie, die der medizinischen Wissenschaft dient, hat nun die Aufgabe, die Wirkung jedes einzelnen dieser Faktoren auf möglichst viele Körperfunktionen zu erforschen und zu bestimmen, inwieweit sich diese Wirkungen in den verschiedenen Kombinationen, in denen sie an verschiedenen Orten und deren Klima auftreten können, gegenseitig unterstützen oder neutralisieren. Es ist leicht zu erkennen, dass diese Aufgabe von enormer Tragweite ist und dass eine

Reihe verschiedener Methoden angewandt werden muss, um sie zu bewältigen. Einerseits muss jeder einzelne Klimafaktor in unterschiedlicher Intensität auf Personen mit unterschiedlicher Konstitution, gesund und krank, angewendet und die Wirkung auf die verschiedenen Organe und Stoffwechselfvorgänge untersucht werden. Andererseits müssen die Klimate, wie die Natur sie uns bietet, in ihren Wirkungen auf Personen unterschiedlichen Körperbaus, unterschiedlichen Alters und unter verschiedenen pathologischen Belastungen erforscht werden. Die zweite Kategorie von Untersuchungen wird für die Klimaphysiologie immer die wichtigste bleiben, weil sie allein eine wochen- oder gar jahrelange Wirkung ermöglicht" (Gunga 2009).

Um solche künstlichen Klimate zu erzeugen, griff Zuntz auf die Atmungskammer im Labor für Veterinärphysiologie zurück, die erst kürzlich an der Königlichen Landwirtschaftlichen Hochschule auf ein größeres Fassungsvermögen (80 cbm) aufgerüstet worden war. Daher ist es nicht verwunderlich, dass er bei einer mehrwöchigen Expedition unter der Leitung von Pannwitz zur Kanarischen Insel Teneriffa im Frühjahr 1910 eine wichtige Rolle spielte (**Abb. 7**).



Abb. 7 Mitglieder der Internationalen Teneriffa Expedition im Jahr 1910 (Gunga 2009)

Ein Brief (Grüße vom Ozeandampfer) von Zuntz an Darmstaedter ist von den Mitgliedern der Expedition unterzeichnet und zeugt von dem Interesse vieler internationaler Forscher, die daran teilnahmen, darunter Durig, v. Schroetter, Barcroft. Nachdem die Expedition Teneriffa erreicht hatte, untersuchten sie, "ob die Ergebnisse, die Zuntz und Durig auf dem Monte Rosa erzielt hatten, auch unter den veränderten Bedingungen des warmen Klimas von Teneriffa anwendbar blieben, oder ob die Lufttemperatur und das Licht Faktoren waren, die die zuvor nachgewiesenen Veränderungen im physiologischen Verhalten des Menschen im Hochgebirgsklima wesentlich beeinflussten" (Gunga 2009).

Während der Untersuchung beschränkten sie sich auf die Aufzeichnung grundlegender physiologischer Parameter wie Pulsfrequenz, Blutdruck und Körpertemperatur. Außerdem führten sie Atmungsexperimente in verschiedenen Höhenlagen durch. Ein besonderer Schwerpunkt ihrer Arbeit war die erhöhte Sonneneinstrahlung in großen Höhen mit ihren Auswirkungen auf den Gasaustausch und den Atmungsmechanismus des Organismus (**Abb. 8**).



Abb. 8 Messungen zur UV-Belastung im Hochgebirge im Rahmen der Internationalen Teneriffa Expedition 1910 (Gunga et 2009)

Bereits 1903 hatten Zuntz und Arnold Durig auf dem Monte Rosa ähnliche Experimente zu diesem Zweck durchgeführt. Im Gegensatz zu den vorangegangenen Versuchsreihen ging es bei der Teneriffa-Expedition jedoch darum, den gesamten Körper in großer Höhe der Sonneneinstrahlung auszusetzen. Die Versuchsreihe blieb nicht ohne erhebliche negative Auswirkungen auf die Gesundheit der Probanden, die einen starken, großflächigen Sonnenbrand erlitten (Gunga 2009).

Im Frühjahr 1912 wurde Zuntz zum Leiter des neu gegründeten wissenschaftlichen Beirats der Balneologischen Anstalt in Berlin ernannt und im selben Jahr wurde die Wissenschaftliche Gesellschaft für Flugtechnik e.V. in Berlin, heute DLR, gegründet und insgesamt zehn Unterausschüsse (a-k) eingerichtet, darunter der Ausschuss f für medizinische und psychologische Fragen. Zu den Ausschussmitgliedern heißt es, dass die "Vereinigung zur wissenschaftlichen Erforschung des Sportes und der Leibesübungen: Professor Nicolai – Berlin; Geheimrat Professor Zuntz – " vom Ausschuss als Mitglieder berufen. Eines der Ziele der Gesellschaft war die Veröffentlichung von Forschungsergebnissen auf dem Gebiet der Luftfahrt, was zu der von Sticker herausgegebenen Reihe Luftfahrt und Wissenschaft führte. Eines der ersten Werke, das in dieser Reihe im selben Jahr veröffentlicht wurde, war Zuntz' Abhandlung "Zur Physiologie und Hygiene der Luftfahrt", die heute als das weltweit früheste und umfassendste Werk auf dem Gebiet der Luftfahrtmedizin gilt (Gunga & Kirsch 1995a; Gunga & Kirsch 1995b; Gunga 2009).

Danach veröffentlichte er Arbeiten zur Sportphysiologie und deren möglichen Einfluss auf die Volksgesundheit. Die im Laufe des Ersten Weltkriegs immer knapper werdenden Lebensmittel veranlassten Zuntz, ernährungsphysiologische Beobachtungen an sich selbst durchzuführen. Seit seinem 41. Lebensjahr im Jahr 1888 hatte Zuntz zusammen mit dem Mitarbeiter Adolf Loewy akribisch seinen Stoffwechsel, sein Körpergewicht und seine Körpertemperatur aufgezeichnet. Im Mai 1916 stellte er eine "ganz erhebliche Verminderung des Oxidationsprozesses" fest und dass er von 67,5 kg (1912) auf 60,6 kg abgenommen hatte, eine Folge der Kriegsernährung (Gunga 2009).

Bereits kurz nach Ausbruch des Ersten Weltkriegs hatte Zuntz mit großer Weitsicht öffentlich dafür plädiert, angesichts der drohenden Knappheit das in Deutschland üblicherweise für die Schweinefütterung verwendete Getreide direkt der Bevölkerung als Nahrungsmittel zur Verfügung zu stellen, da dies aus ernährungswissenschaftlicher Sicht die sinnvollere Verwendung sei. Seine Ansichten gipfelten schließlich

darin, dass Zuntz die offizielle Schlachtung von 8-9 Millionen Schweinen forderte, die im Frühjahr 1915 durchgeführt wurde (Gunga 2009).

Besonders In den letzten Jahren seines Lebens wurden seine Arbeiten zunehmend gewürdigt. So erhielt Zuntz im Juli 1918, noch vor der Verleihung des kaiserlichen Kronenordens 2. Klasse, die Ehrendoktorwürde der Tierärztlichen Hochschule Hannover und der Bodenkultur in Wien. Und schließlich wurde Zuntz ein Jahr später, am 3. August 1919, die Ehrendoktorwürde der Philosophischen Fakultät der Universität Bonn anlässlich ihres hundertjährigen Bestehens verliehen. Zuntz wurde zudem dreimal für den Nobelpreis nominiert, 1910, 1919 und schließlich 1920. Interessanterweise unterschieden sich die Begründungen für die Nominierungen von einem Vorschlag zum nächsten. Während 1910 die umfangreichen Arbeiten von Zuntz auf dem Gebiet der Physiologie (Blut, Kreislauf, Atmung, Wärmeregulation) gelobt wurden, wurden dann seine Untersuchungen über den Stoffwechsel von Pferden und Wiederkäuern gewürdigt, und 1920 seine Beiträge zur Ernährungsforschung. Auf der anderen Seite ist zu erwähnen, dass Zuntz 1919 selbst acht Kollegen für den Nobelpreis vorschlug, i.e. Barcroft, Benedict, Krogh, Loeb, Neuberg, Oppenheim, Tigerstedt und von Wassermann. Er schlug Barcroft für seine Arbeiten über die Sauerstoffaffinität von Hämoglobin und den Stoffwechsel vor, Benedict für seine Erkenntnisse über den Stoffwechsel und Krogh u.a. für seine Forschungen über den Gasaustausch. Tatsächlich wurde Krogh 1920 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet.

Als Nachfolger von Zuntz wählte die Fakultät der Königlichen Landwirtschaftlichen Hochschule wenig später Scheunert, der bis dahin als außerordentlicher Professor an der Tierärztlichen Hochschule in Dresden tätig war. Zuntz hätte am liebsten Durig, Loewy oder Caspari als seinen Nachfolger gehabt, dies soll aber am aufkommenden Antisemitismus in der Fakultät gescheitert sein, wie persönlich erhaltenen Briefen von Zuntz zu entnehmen ist (Gunga 2009). Am 22. März 1920 verstarb Nathan Zuntz in Berlin.



Zuntz-Gedenktafel
Bleibtreustrasse 38-39, Berlin Charlottenbrg

Literaturquellen

Es können hier nur einige Stellen genannt werden. Eine umfassende Quellensammlung findet sich in:

Gunga HC. Nathan Zuntz. His Life and Work in the Fields of High Altitude Physiology and Aviation Medicine. Elsevier, Academic Press (Amsterdam); 2009.

Barnard RJ, Holloszy JO. The metabolic systems: aerobic metabolism and substrate utilisation in exercising skeletal muscle. In: Tipton CM. Exercise Physiology. Oxford: Oxford University Press; 2003.

Brooks GA, Gladden LB. The Metabolic Systems: Anaerobic Metabolism (Glyco and Phosphagen). In: Tipton CM. Exercise Physiology. Oxford: Oxford University Press; 2003

Durig A. N. Zuntz. Wiener klinische Wochenschrift; 1920; 33: 344-345

Gunga HC, Kirsch KA. Nathan Zuntz (1847-1920) – a German pioneer in high altitude physiology and aviation medicine, Part I: Biography. Aviation Space Environmental Medicine; 1995(a) Feb; 66(2): 168-171.

Gunga HC, Kirsch KA. Nathan Zuntz (1847-1920) – a German pioneer in high altitude physiology and aviation medicine, Part II: Scientific work. Aviation Space Environmental Medicine; 1995 (b) Feb;66(2): 172-176.

Gunga HC. Nathan Zuntz. His Life and Work in the Fields of High Altitude Physiology and Aviation Medicine. Elsevier, Academic Press (Amsterdam); 2009.

Fishman AP, Richards DW. Circulation of the blood. Men and ideas. Oxford University Press; 1964.

West JB. High life: A history of high-altitude physiology and medicine. Published for the American Physiological Society by Oxford University Press (New York); 1998.

Der Autor dieses Beitrages dankt dem Nathan-Zuntz-Förderkreis e.V. für das langjährige Engagement zur Unterstützung der Forschung in der Weltraummedizin und in extremen Umwelten, ein Forschungsfeld, das maßgeblich von Nathan Zuntz initiiert wurde.