

Druckgasflaschen aus Leichtmetall

Autor(en): **Koenig, M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **111/112 (1938)**

Heft 3

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-49763>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Druckgasflaschen aus Leichtmetall

Von Dr. Ing. M. KOENIG, Zürich

Eine Kette von Unglücksfällen durch explodierende Stahlzylinder führte in den Jahren 1924/29 zu einer grundlegenden Untersuchung der Eidg. Materialprüfungsanstalt in Zürich (E. M. P. A.) über «Behälter für den Transport verdichteter, verflüssigter und unter Druck gelöster Gase». Die wertvollen Erkenntnisse, die in Vorschriften für die Zulassung neuer Flaschen gefasst wurden, sowie das Ausschalten von über 2000 Stahlflaschen, die im Betriebe standen und den neuen Prüfvorschriften nicht entsprachen, brachten eine derartige Gesundung der Verhältnisse, dass J. Züst in seinem Berichte vom November 1930 über «Die Sicherheit der Behälter» aufatmend schreiben konnte: «... Als hochehrfreuliches Resultat darf aber festgestellt werden, dass die Sicherheit des Transportes komprimierter Gase in der Schweiz so gehoben worden ist, wie wohl in keinem andern Lande... Während in den zehn vorhergehenden Jahren mindestens 13 Fälle von Flaschenexplosionen registriert wurden, zum Teil mit ernstlichen Unfällen verbunden, war in den letzten fünf Jahren in der Schweiz keine einzige mehr zu verzeichnen, in starkem Gegensatz zu fast allen Nachbarländern, in denen nur die Druckprüfung zur Anwendung kommt...»

Durch die erwähnten Arbeiten war die Sicherheitsfrage der Druckgasflasche an sich geklärt. Es zeichnete sich aber in den letzten Jahren, wenn vorderhand auch nur für einige Sondergebiete, eine immer ausgesprochenere Tendenz der Verwendung von Aluminiumlegierungen als Druckflaschenbaustoff aus, die einige neue Momente bezüglich Herstellung und Prüfung mit sich brachte, umso mehr als inzwischen auch weitere, früher nicht formulierte Bedingungen wie z. B. Beschuss-Sicherheit und Oberflächenschutz, sich für bestimmte Anwendungen in den Vordergrund gestellt hatten. In ihrer der Wirklichkeit und der Not des Tages zugewandten Art hat die E. M. P. A. sich übrigens bereits auch dieses neuen Zweiges der Druckbehälter angenommen und mit Datum vom 19. Mai 1936 entsprechende, ergänzende eidgenössische Bestimmungen veranlasst.

E. Herrmann hat 1934¹⁾ in übersichtlicher Weise über den damaligen Stand der «Gasdruckflaschen aus Leichtmetall» berichtet und auch die Herstellung solcher Flaschen nach dem Erhardt'schen Verfahren bei der S. A. Stabilimenti di S. Eustachio (Brescia) näher beschrieben. Als ein anderes Verfahren erwähnte er das Ausgehen von Rohren, die in der Strangpresse hergestellt und an den Enden eingezogen werden. Seit dieser Arbeit ist nun auch in der Schweiz eine grosse Zahl von Druckgasflaschen aus Aluminiumlegierungen hergestellt und geprüft worden. Im Nachstehenden sind einige Angaben über solche Flaschen schweizerischer Herkunft²⁾ gemacht und die heutigen Verhältnisse bezüglich Material, Fabrikation und Ergebnisse kurz skizziert. Ich halte mich dabei neben generellen Ausführungen im wesentlichen an die Untersuchungen und Produkte der genannten Firma, die dank Zusammenarbeit mit der E. M. P. A. und der K. T. A. usw. doch Anspruch auf allgemeinere Geltung haben.

Im Zusammenhang mit dem Bedarf von O₂-Flaschen für den Luftschutz und für Flugzeuge sind Standard-Flaschen aus Aluminiumlegierungen von 1, 2 und 3½ l Inhalt entwickelt worden, daneben sind seither aber auch Modelle von 0,16 und 0,21 l für medizinische und andere Zwecke entstanden, und Flaschen bis zu 40 l Inhalt bei 150 at Normaldruck bieten nur noch preisliche Schwierigkeiten. Für Sonderzwecke, bezw. kleinere Drücke, bestehen bereits grossvolumige Flaschen aus Aluminiumlegierungen (Abb. 1).

Auch in der Schweiz sind Druckflaschen aus Rohren einer Aluminiumlegierung hergestellt worden, statt aber, wie bei älteren englischen Duraluminflaschen, Abb. 2, den eingezogenen Boden durch einen Schraubenpfropfen zu schliessen, wurde der kugelig ganz eingezogene Boden durch autogene Schweißung geschlossen und die ganze Flasche anschliessend thermisch be-

1) In der «Schweiz. Technischen Zeitschrift» vom 8. November 1934.
2) Aluminium-Schweisswerk A.-G., Schlieren-Zürich

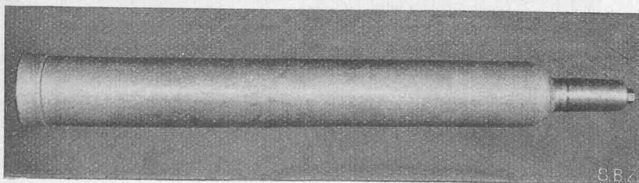


Abb. 1. Druckluftflasche von 10 Liter Inhalt aus Aluminiumlegierung

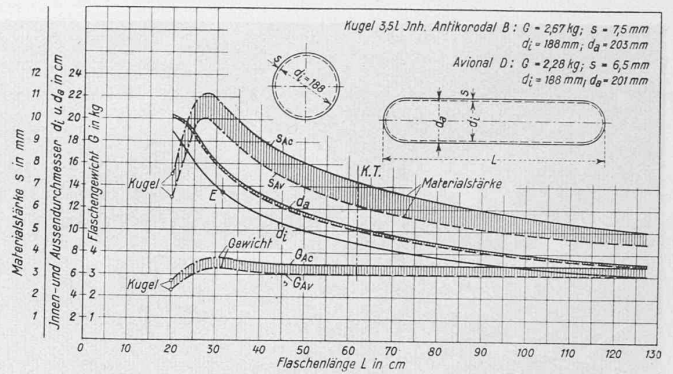


Abb. 6. Graphische Darstellung der Gewichte und Grössen einer 3½ l Leichtmetall-Flasche. — = Anticorodal B, - - - = Avional D. Die mit K. T. bezeichnete Stelle entspricht der Armeeflasche, die mit E bezeichnete der entsprechenden englischen Ausführung

handelt und voll vergütet. Das Einziehen der Böden wurde dann, nach ersten Hammerversuchen gemäss herkömmlicher Art, von der erwähnten Firma mit Formrollen auf starken Druckbänken unter konstanter Flamme einwandfrei erreicht. An sich genügte die Schweißung den Festigkeitsansprüchen durchaus, indem im Boden die Spannungen ja relativ nieder bleiben. Eine zuverlässige Schweißung ergab die in Abb. 3 gezeigte Weise, die die Wichtigkeit einer korrekten Vorwärmung und Vorbereitung der Schweißzone illustriert. Ziehriefen der Rohre, die mechanisch und chemisch evidente Nachteile bringen, wurden durch Kaltnachziehen zum grössten Teil ausgemerzt. Aber auch dann noch konnte diese Ausführung nicht in jeder Beziehung befriedigen, indem die Querfestigkeit des Flaschenmaterials natürlich wesentlich unter der Längsfestigkeit bleibt und die einseitige Orientierung des Materials in der Rohraxe beim Hals- und Bodeneinziehen zu Fältelung neigte. Zudem ist die restlose Entfernung von Schweißpulver-Rückständen, die für einen effektiven Korrosionsschutz notwendig ist, nicht immer gewährleistet.

Schon bei diesen ersten Druckgasflaschen aus Aluminiumlegierung verwendete man an Stelle des üblichen Stahl-Verstärkungsringes am Halse, wie ihn auch andere Leichtmetall-Flaschen zeigen, einen aufgeschraubten Ring aus dem gleichen Material (Patent). Der grosse Ausdehnungskoeffizient der Aluminiumlegierungen ermöglicht nämlich, wie vorhergehende Versuche gezeigt hatten, eine wirksame Schrumpfung bei Temperaturen, die die Vergütung nicht beeinflussen. Während Stahl-Halsringe zufolge ungleichmässiger Wärmedehnung

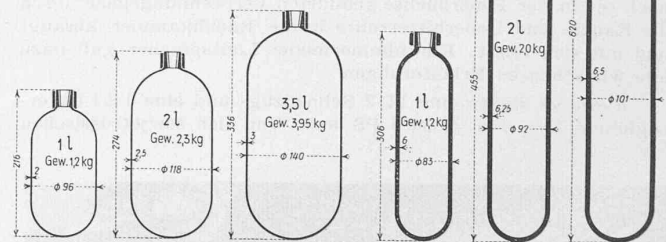


Abb. 4. Bauart der englischen Stahlflaschen (Cr Ni Mo-Stahl «Vibrac»)

Abb. 5. Bauart der schweizerischen Leichtmetall-Flaschen

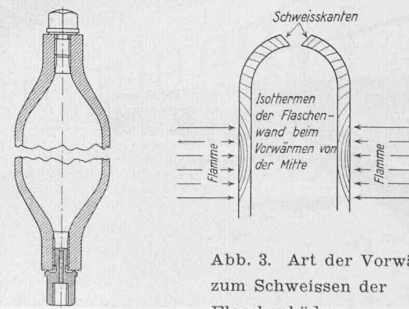


Abb. 3. Art der Vorwärmung zum Schweißen der Flaschenböden

Abb. 2. Englische Duralumin-Gasflasche

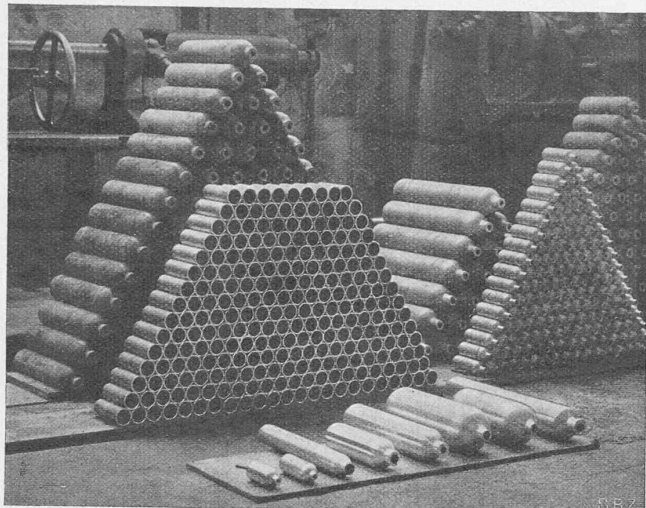


Abb. 10. Flaschen aus Leichtmetall in verschiedenen Grössen

gegenüber Aluminium öfters los werden und zu Korrosionen führen können, sind die Erfahrungen mit der erwähnten Ausführung gut.

Die aus Rohren hergestellte Leichtmetall-Flasche genügt wohl den normalen Bestimmungen der E.M.P.A.; als aber die Eidgen. Kriegstechnische Abteilung (K.T.A.), durch Versuche dazu geführt, *Beschuss- und Feuersicherheit der O₂-Flaschen* vorschrieb, mussten materialtechnisch und fabrikatorisch neue Wege beschritten werden. Unter anderem wurde auch dem *Schlankheitsgrad* der Flasche grössere Aufmerksamkeit geschenkt. Eine englische Kommission (Gas Cylinders Research Committee) war in ihren Arbeiten zum Schlusse gekommen, dass bauchigere Flaschen weniger zum Zerplatzen neigen als schlanke lange. Mit dieser Tatsache kann vielleicht auch ein Ergebnis der erwähnten italienischen Versuche in Zusammenhang gebracht werden; E. Herrmann schreibt in seiner Zusammenfassung: «... Die verschiedenen, an Avional, Lantal- und Anticorodal-Flaschen durchgeführten Versuche zeigten, dass bei gleichem Durchmesser und gleicher Wandstärke der Berstdruck im umgekehrten Verhältnis zur Länge des zylindrischen Teiles steht...».

Abb. 4 zeigt die heute in England effektiv gebräuchlichen Abmessungen für 1, 2 und 3,5 l, die, wie ersichtlich, von den Schweizer-Normen, Abb. 5, weit abweichen. Wir sind auch mit unseren Formen zum Ziel gekommen, aber es ist m. E. nicht ausgeschlossen, dass in der angedeuteten Richtung Verbesserungsmöglichkeiten liegen. In Abb. 6 sind für die Aluminiumlegierungen Anticorodal und Avional Gewichte und Durchmesser für eine 3½ l-Flasche in Funktion der Länge aufgetragen. Die Gewichtsunterschiede an sich sind nicht sehr gross. Sie wären ausgeprägter, wenn die Flaschen auch bezüglich Sicherheit gegen Bruch vergleichbar wären. Hier bestehen jedoch in England keine so weitgehenden Vorschriften wie bei uns. Der Uebergang zu den die Kugel charakterisierenden Grössen ist punktiert, weil mit zunehmender Verkürzung der Flasche der

Material Durchmesser mm	Festigkeit kg/cm ²	Beanspruchung kg/cm ²	Bruch- Sicherheit	Gewicht für 10 cm Länge kg
Vibrac-Stahl 134/140, 3 mm	Br. Fest. 8663 Str. Gr. 7403	5030	1,72	1,035
Avional D 134/153, 9,5	Br. Fest. 3800 Str. Gr. 2500	1590	2,39	1,185
Stahl 1,25 mm Avional D 5 mm 134/144	Br. Fest. 3800 Str. Gr. 2500	6000 1500		0,456 0,604 1,060

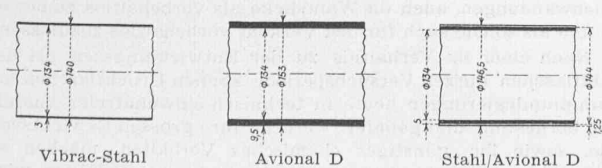
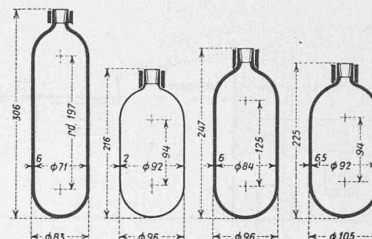


Abb. 8. Tabelle über die Gewichte von Stahl-, Leichtmetall- und Bimetall-Flaschen von 3,5 l Inhalt, Probedruck 225 atü

Abb. 7. Gewichte- und Grössen-Vergleich der 1 l-Flaschen aus schweizerischem Leichtmetall



I Material	I Anticorodal	Cr Ni Mo-Stahl	Avional D	Avional D
II Bruchfestigkeit	32 ÷ 36 kg/mm ²	86,6 kg/mm ²	38 ÷ 45 kg/mm ²	38 ÷ 45 kg/mm ²
III Streckgrenze	27 ÷ 30 kg/mm ²	74,0 kg/mm ²	25 ÷ 28 kg/mm ²	25 ÷ 28 kg/mm ²
IV Gewicht	1,2 kg	1,2 kg	1,2 kg	1,3 kg
V Verhältnis l : d	197/71 = 2,77	94/97 = 1,02	125/84 = 1,49	94/92 = 1,02

genaue Einfluss der Einspannung des verbleibenden zylindrischen Teils nicht präzisiert werden kann. Es würde einer Serie systematischer Versuche bedürfen, um die Auswirkung der Bauchigkeit bezüglich Zerberstung festzulegen.

Die Materialkennwerte der bis heute zur Hauptsache für die Erstellung der Flaschen verwendeten Aluminiumlegierung Avional sind im folgenden in dem auszugsweise wiedergegebenen Untersuchungsergebnis des Berichtes von Prof. Dr. M. Ros zu finden. Abb. 4, die detaillierte Angaben über Bemessung und Baustoff der englischen Flaschen enthält, zeigt Spitzenleistungen des Stahles. Die Verwendung des Ni-Cr-Mo-Stahles «Vibrac» mit einer Bruchfestigkeit von 86,6 kg/mm², einer Streckgrenze von 74 kg/mm² und einer Dehnung von 18 %, ergibt ausgesprochene Leichtflaschen. Die Wandstärke von nur 2 bis 3 mm bei einer relativ kleinen Sicherheit gegen Bruch ist allerdings bezüglich Herstellung und Schwächung durch Korrosion auf das Aeusserste getrieben und macht eine alljährliche Kontrollpflicht verständlich. Wenn die Leichtmetall-Flasche immerhin auch gegenüber solchen «hochgezüchteten Stahltypen», wie die Zahlenwerte belegen, noch einen kleinen Gewichtsvorteil besitzt, so bedeutet ihre etwa dreifach grössere Wandstärke zweifellos Extra-Sicherheit. Dass schliesslich diese höchstgezüchteten Stahlflaschen noch keine unbedingte Sicherheit gegen Beschuss erreicht haben, zeigten kürzlich durchgeführte Beschussversuche.

Es sind auch Leichtmetall-Flaschen auf den Markt gekommen, die mit Klaviersaiten-Draht höchster Festigkeit umwickelt sind. Um die Frage zu klären, ob und in welchem Masse durch solche Bimetall-Flaschen Gewichtsvorteile zu erreichen wären, bei denen nach Art der Geschützrohre auf einen inneren Zylinder aus einer Aluminiumlegierung ein äusserer Stahlmantel aufgezogen würde, sind (ohne Rücksicht auf die praktische Durchführbarkeit) in der Tabelle zu Abb. 8 die entsprechenden Gewichte von Einheitslängen bei gleichem Innendurchmesser gegeben. Wie ersichtlich, sind die Unterschiede nicht interessant, sodass es sich nicht lohnt, die Ausführung, die einen Rattenkönig von Schwierigkeiten bieten würde, näher zu studieren.

Die neuesten in der Schweiz hergestellten Druckgasflaschen werden nun im Ziehverfahren aus Rondellen einer besonders geeigneten Aluminiumlegierung hergestellt. Die Materialkennwerte dieser Legierung sind, wie bereits erwähnt, jenen des Untersuchungsberichtes, der im folgenden teilweise wiedergegeben ist, ähnlich. In Abb. 9 sind die Spannungsverhältnisse in den höchstbeanspruchten Stellen dieser Flasche ersichtlich.

Der Beschuss älterer Leichtmetall-Flaschen mit normalem Oberflächenschutz gegen Korrosion (Einbrennlack) usw. hatte gezeigt, dass bei O₂-Füllung und Brandmunition die Flasche zufolge der grossen Affinität des Aluminiums zum O₂ weit-

Kesselformel:

$$\sigma = \frac{r p_i}{s} = 124 \text{ kg/cm}^2$$

Nach Föppl:

$$\sigma_t = p \frac{r_i^2}{r_a^2 - r_i^2} \left(1 + \frac{r_a^2}{r^2} \right)$$

$$\sigma_r = p \frac{r_i^2}{r_a^2 - r_i^2} \left(\frac{r_a^2}{r^2} \right)$$

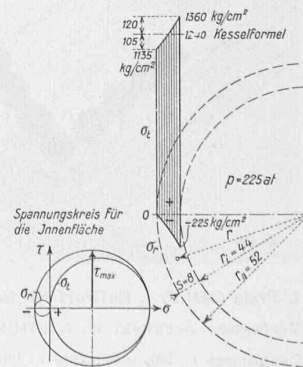
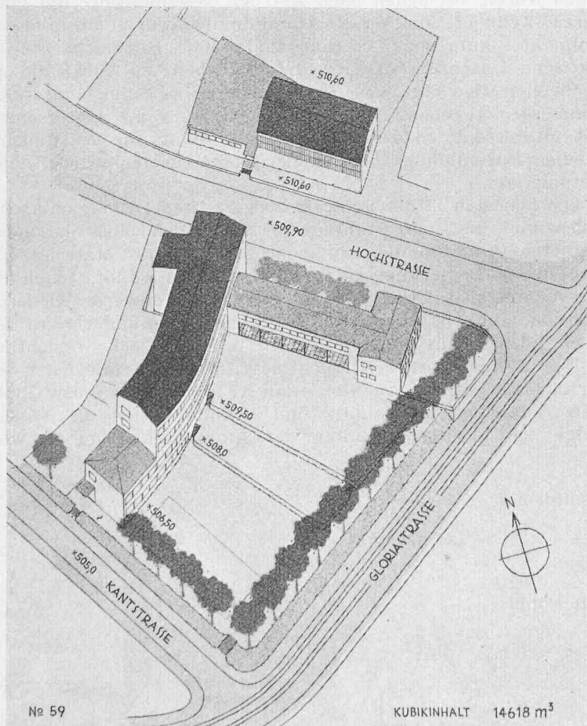
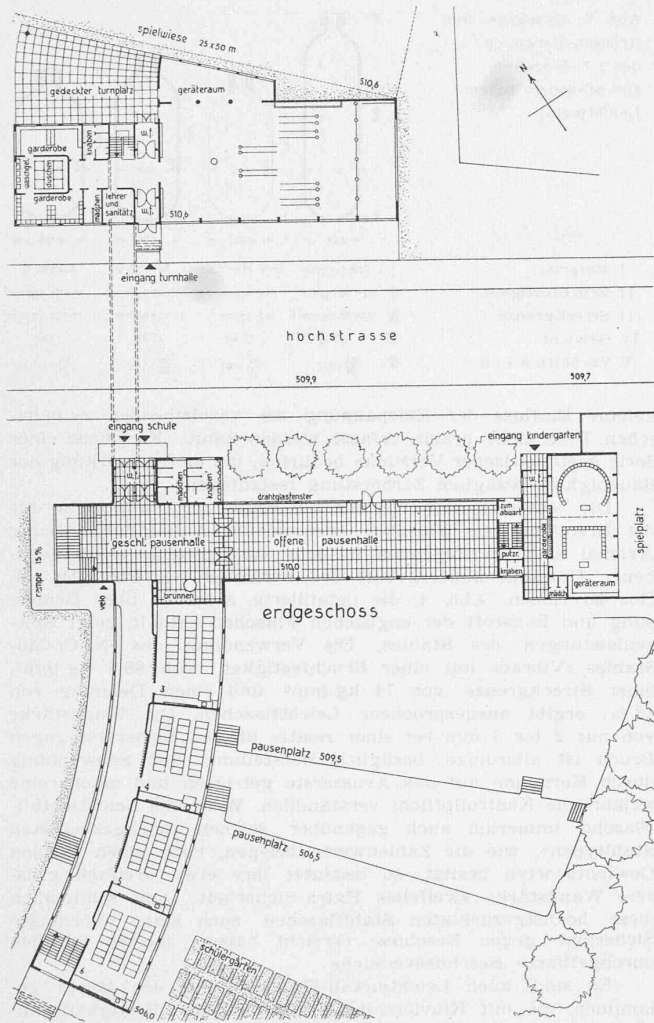
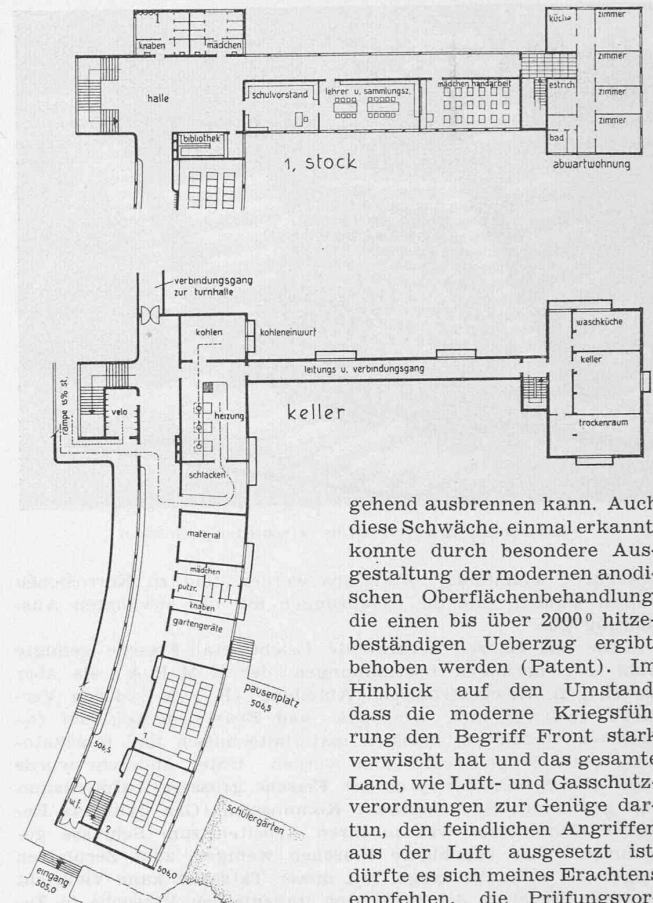


Abb. 9. Spannungsverhältnisse in einer Leichtmetall-Flasche



I. Preis (2800 Fr.), Entwurf Nr. 59
 Verfasser: Architekt W. NIEHUS, Zürich
 Grundrisse 1: 700, Isometrie 1: 1500



gehend ausbrennen kann. Auch diese Schwäche, einmal erkannt, konnte durch besondere Ausgestaltung der modernen anodischen Oberflächenbehandlung, die einen bis über 2000° hitzebeständigen Ueberzug ergibt, behoben werden (Patent). Im Hinblick auf den Umstand, dass die moderne Kriegsführung den Begriff Front stark verwischt hat und das gesamte Land, wie Luft- und Gasschutzverordnungen zur Genüge dartun, den feindlichen Angriffen aus der Luft ausgesetzt ist, dürfte es sich meines Erachtens empfehlen, die Prüfungsvorschriften für Druckflaschen in

bezug auf Beschuss- und Feuersicherheit zu ergänzen.

Die neuen Flaschen, die absolut naht- und schweisslos sind, vermeiden schon im Grundmaterial eine einseitige Struktur, grösste Sorgfalt in der Gattierung der Legierung und besondere Wärmebehandlung sichern der Flasche die notwendige Zähigkeit beim Beschuss. Die ausgeglichene Struktur, zusammen mit einem zusätzlichen Vorschleiff, haben die heutigen Flaschen auch frei von Rissen und Fältelung in der Halspartie gemacht. Der nachfolgende Auszug aus dem Berichte des Direktors der E. M. P. A., Prof. Dr. M. Ros, erklärt die vorbehaltlose Zulassung der Flasche für den Verkehr:

«Die völlig naht- und schweisslos hergestellten und anodisch oxydierten Avional-Gefässe des A. S. S. entsprechen in bezug auf die Gefügebeschaffenheit, die Festigkeits- und Verformungseigenschaften, Härte und Kerbzähigkeit, sowie die Fliegsgefahr und Bruchsicherheit vollauf der Eidg. Verordnung vom 19. Mai 1936. Festigkeit und Verformungsvermögen sind durch die nachstehenden Zahlen materialtechnisch charakterisiert:

Härte nach Brinell	110 kg/mm ² (105)
Zugfestigkeit	42 kg/mm ² (38)
Fliegsgefahr (2 ⁰ / ₁₀₀ bleib. Dehnung)	25 kg/mm ² (24)
Bruchdehnung in Längsrichtung	23 ⁰ / ₁₀₀ (16)
Biegezahl quer	59 (35)
Kerbzähigkeit (kl. Normalstab längs)	5 mkg/cm ² (3)
Sicherheit gegen Bruch	2,4-fach (2,5 bis 2,25)
Sicherheit gegen Fliesen	1,8-fach (1,5)

Die Sicherheiten beziehen sich auf den vorgeschriebenen Prüfungsdruck von 225 at. Die Klammerwerte (...) entsprechen den durch die Eidg. Verordnung vom 19. Mai 1936 vorgeschriebenen Gütewerten.....

Die Avional-Gefässe sind in bezug auf das Herstellungsverfahren, Formgebung, die Materialqualität, Festigkeit und Verformungsvermögen, sowie die Beschaffenheit der Aussen- und Innenwandungen, auch die Wanddicke als vorbehaltlos zu bewerten und als solche auch für den Verkehr vorbehaltlos zuzulassen.»

Nach einer im Verhältnis zu der Entwicklungszeit bei den Stahlflaschen kurzen Versuchsperiode können Druckflaschen aus Aluminiumlegierungen heute in technisch einwandfreier Ausführung hergestellt und geliefert werden. Ihre grossen Gewichtsvorteile, sowie ihr günstiges chemisches Verhalten machen sie trotz etwas höherem Anschaffungspreis in vielen Fällen wirtschaftlich überlegen.