

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 73/74 (1919)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Felssprengungen mit flüssiger Luft  
**Autor:** Rebhold, J.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-35656>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

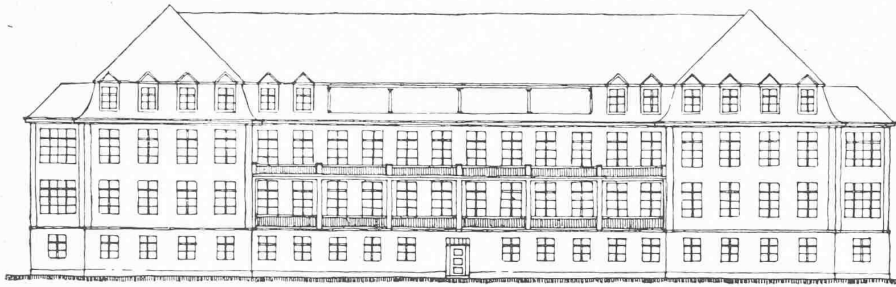
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 14.03.2025

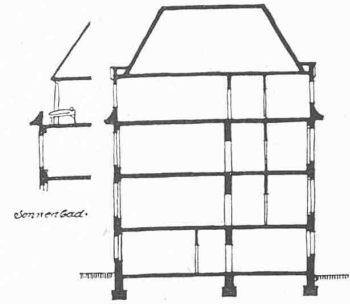
**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Ideen-Wettbewerb für Erweiterung der kant. Krankenanstalt Aarau. — A. Medizinischer Pavillon.

III. Preis ex aequo. Entwurf Nr. 22. — Architekt B. Haller in Solothurn.



Südfront 1 : 500.



Querschnitt 1 : 500.

beeinträchtigt. Zelle für Strafgefangene in Abteilung für Geschlechtskranke unzulässig. Architektur sehr ansprechend.

Nach gründlicher Vergleichung dieser elf Projekte und Abwägung ihrer Vor- und Nachteile wurden die Nr. 1, 13, 14, 18, 25, 42 ausgeschieden und für die verbleibenden fünf Projekte folgende Rangordnung festgesetzt:

- I. Rang, Nr. 19 „Narkose“,
- II. „ „ 47 „G'sundheit“,
- III. „ „ 41 „Kostenfrage“,
- IV. „ „ 22 „Pro sanitata“,
- V. „ „ 31 „Habsburg“.

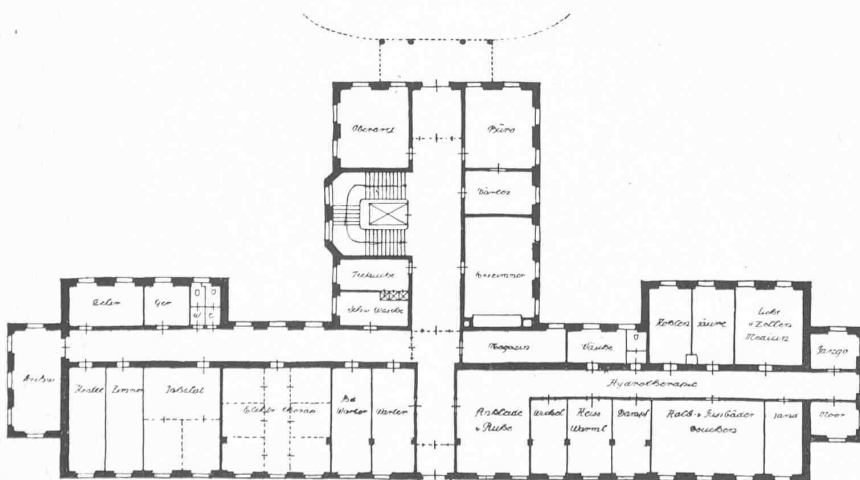
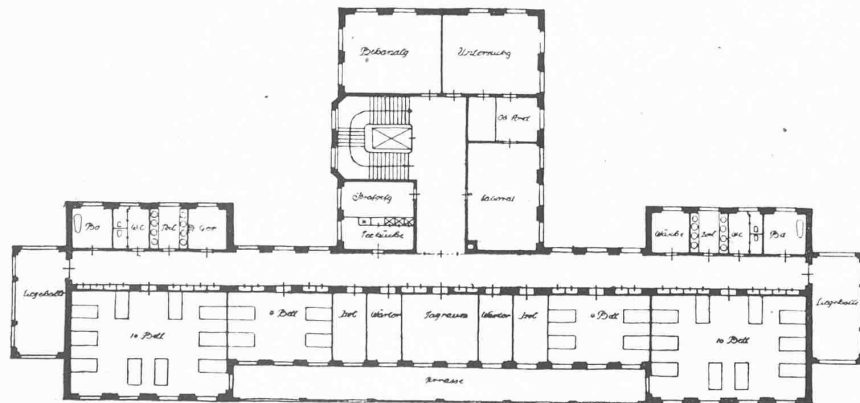
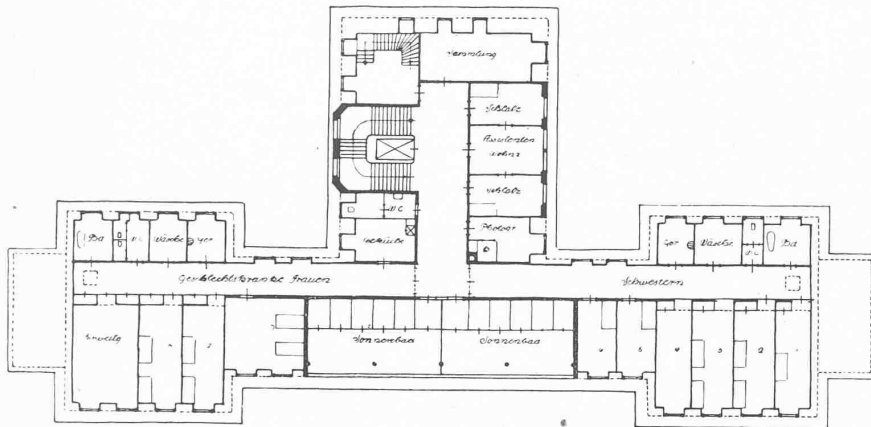
(Forts. folgt.)

Felssprengungen mit flüssiger Luft.

Vortrag gehalten im Bernischen Ingenieur- und Architekten-Verein von Oberst J. Rebold, Chef des eidgen. Festungsbau-Bureaus.

Zufolge des Krieges wurden bei uns die für die Fabrikation der Sprengstoffe benötigten Rohmaterialien so selten, dass die gebräuchlichsten Sprengstoffe fast nicht mehr erhältlich waren und deren Preise ganz gewaltig stiegen. Es lag deshalb nahe, nach einem Ersatz zu suchen. Dieser war in der flüssigen Luft eigentlich schon seit längerer Zeit gefunden. So wurden z. B. schon 1899 beim Bau des Simplontunnels Versuche mit flüssiger Luft als Sprengstoff vorgenommen, die aber aus verschiedenen Gründen dort nicht ganz befriedigten. Während des Krieges wurde nun bekannt, dass an der österreichisch-italienischen Front flüssige Luft in ausgedehntem Masse mit Erfolg zu Sprengungen verwendet werde und man hörte auch vielfach von der Anwendung dieses Sprengmittels in deutschen Bergwerken.

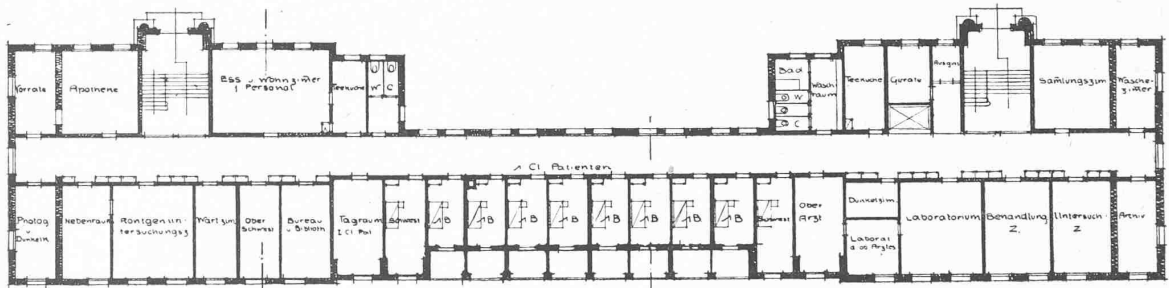
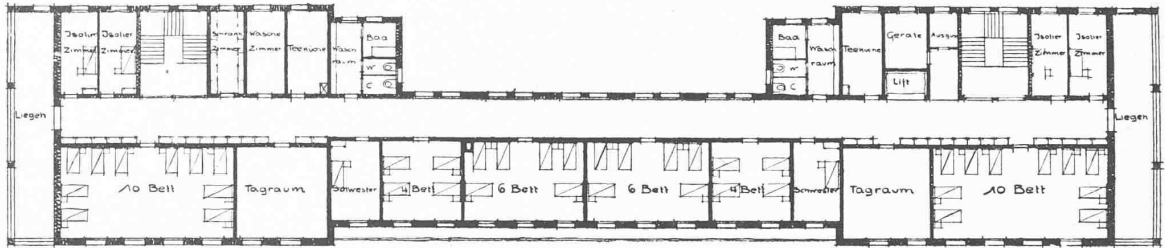
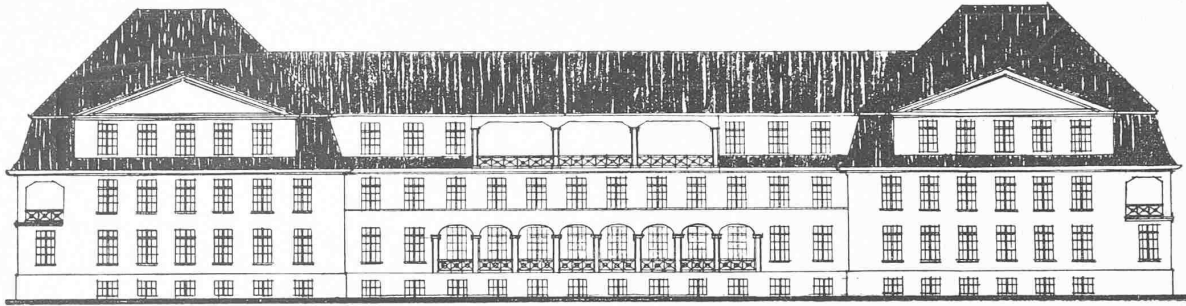
Das eidg. Festungsbau-Bureau, das gegenwärtig Bauten mit bedeutenden Felssprengungen bei Altdorf zu erstellen und deren Ausführung der Unternehmung Baumann, Stiefenhofer & Labhart übertragen hat, unternahm es nun, in Verbindung mit dieser Unternehmung und der Firma Gustav Weimann, die in Rümlang ein Sauerstoffwerk besitzt und in ihren Steinbrüchen bei Gänsbrunnen bereits Sprengungen mit flüssiger Luft ausgeführt hatte, in den Monaten Mai und Juni 1918



Grundrisse vom Untergeschoss, Erdgeschoss und Dachgeschoss. — Masstab 1 : 500.

## Ideen-Wettbewerb für Erweiterung der kant. Krankenanstalt Aarau. — A. Medizinischer Pavillon.

IV. Preis. Entwurf Nr. 31. — Verfasser: Architekt Max Gysi in Bern.



Grundrisse vom Erdgeschoss und I. Stock, darüber Südfront. — Masstab 1:500.

systematische Versuche mit diesem neuen Sprengmittel bei den vorerwähnten Bauten durchzuführen.

Die „flüssige Luft“, die zu Sprengzwecken zur Verwendung kommt, ist eigentlich nicht Luft, sondern vielmehr flüssiger Sauerstoff, der in Verbindung mit einer saugkräftigen, kohlenstoffhaltigen Substanz ein sehr wirksames, hochbrisantes Sprengmittel bildet. Der flüssige Sauerstoff wird aus der Luft erhalten, indem man diese durch einen Stufenkompressor auf 200 at komprimiert und dann in einem Luftverflüssigungsapparat auf niedrigeren Druck ausströmen lässt, wobei sie sich stark abkühlt.<sup>1)</sup> Eine genügende Abkühlung kann aber nur durch mehrmaliges Komprimieren und Ausströmen erreicht werden, wobei die Wirkungen der verschiedenen Ausströmungen in der Weise vereinigt werden, dass jede vorhergehende zur Vorkühlung der Luft vor der nachfolgenden dient. So kann die Luft nach und nach auf  $-191^{\circ}$ , dem Siedepunkt der flüssigen Luft, gebracht werden, bei welcher Temperatur sie flüssig wird und in einem Gefäss gesammelt werden kann. Durch eine besondere Einrichtung und unter Benützung des Umstandes, dass der Siedepunkt des Stickstoffes ( $-196^{\circ}$ ) tiefer liegt als der des Sauerstoffes ( $-183^{\circ}$ ), wird dann der grösste Teil des Stickstoffes noch zur Verflüchtigung gebracht und es bleibt schliesslich eine Flüssigkeit übrig, die 85 bis 95% Sauerstoff enthält und eine Temperatur von  $-183^{\circ}$  besitzt.

Dieser flüssige Sauerstoff wurde für die Versuche bei Altdorf vom Sauerstoffwerk in Rümlang bezogen, wobei für den Transport besondere, gegen Wärme gut isolierende Gefässe verwendet werden mussten, anfänglich sogen. Dewar-Flaschen (das sind doppelwandige Glasgefässe mit Vakuum-Zwischenraum und engem Hals) später gewöhnliche Thermos-Flaschen. Infolge Verdunstung gingen auf dem Transport von Rümlang bis zur Baustelle, je nach der mehr oder weniger sorgfältigen Behandlung, immerhin 15 bis 35% verloren.

<sup>1)</sup> Vergl. die Beschreibung einer Anlage zur Herstellung flüssiger Luft in „Stahl und Eisen“ vom 11. November 1915. Red.

Auf der Baustelle musste dieser flüssige Sauerstoff nun durch Mischung mit einer kohlenstoffhaltigen Substanz zum Sprengstoff umgewandelt und zur Verwendung als solcher in die Form einer Sprengpatrone gebracht werden. Als Mischsubstanz kann pulverisierte Holzkohle, Baumwolle, Holzmehl verwendet werden oder besser noch feste oder flüssige Kohlenwasserstoffe (Paraffin, Vaseline, Petroleum, Naphtalin usw.). Am besten hat sich ein Gemenge von 75% Naphtalinruss und 25% Naphtalin erwiesen, weil dieses das fünf- bis sechsfache seines Gewichtes an flüssigem Sauerstoff aufnehmen kann und zur vollkommenen Verbrennung nur ungefähr das dreifache Gewicht an solchem bedarf, sodass ein grosser Ueberschuss an Sauerstoff vorhanden ist. Der Naphtalinruss wird in Leinwandsäckchen oder Kartonhülsen von der Form der gewünschten Patronen eingebracht, aber nicht gepresst, sondern nur eingerüttelt und die Patrone dann in den flüssigen Sauerstoff eingetaucht bis zur vollständigen Sättigung, was durch deren Untersinken ersichtlich ist. Leinwandsäckchen haben den Vorteil, dass die Durchdringung mit dem flüssigen Sauerstoff leichter vor sich geht als bei Kartonhülsen, diese wiederum bilden eine bessere Isolation, sodass der flüssige Sauerstoff der Patrone im Bohrloch weniger rasch verdampft. Für die erwähnten Versuche wurden sowohl Leinwandsäckchen als auch Kartonhülsen verwendet, schliesslich aber nur noch die letztern. Sie waren 20 cm lang und hatten einen äusseren Durchmesser von 25 mm, entsprechend der Weite der Bohrlöcher. Um den flüssigen Sauerstoff besser eindringen zu lassen, wurden sie mit feinen Nadelstichen perforiert, dann der Naphtalinruss eingebracht und mit einem mittels Faden befestigten Wattebausch abgedeckt. Solche Patronen kann man in grösseren Mengen zum voraus bereiten, sie müssen aber trocken aufbewahrt werden, weil feuchte Patronen beim Eintauchen in den flüssigen Sauerstoff gefrieren und diesen nicht aufnehmen.

Das Eintauchen der Patronen in die flüssige Luft geschieht in zylindrischen, doppelwandigen, gegen Wärme gut isolierenden

Metallgefässen, die eine grössere Zahl Patronen aufnehmen können. Diese werden mit der Oeffnung nach oben in die Tauchgefässe gestellt, in die dann 1 bis 2 l flüssiger Sauerstoff eingegossen wird, um Gefäss und Patrone vorerst abzukühlen. Hierauf wird soviel Sauerstoff nachgeschüttet als zum gehörigen Durchtränken der Patronen notwendig ist. Die Patronen werden dabei durch ein Tauchsieb niedergehalten, bis sie von selbst niedersinken. Während der ganzen Operation verdampft wohl ein Teil des Sauerstoffes, aber immerhin nicht so viel, als man bei dem grossen Temperaturunterschied erwarten könnte. Die Luft im Gefäss wird eben auch sehr stark abgekühlt und bildet auf diese Weise eine Art isolierenden Pfropfen über der Flüssigkeit.

Nach fünf bis sechs Minuten sind die Patronen gesättigt, worauf das *Laden* erfolgen kann. Das Tauchgefäss mit den Patronen wird in Nähe der Bohrlöcher gebracht, die von Bohrmehl möglichst gut gereinigt sein müssen und nicht nass sein dürfen, weil sonst die Patronen das Wasser sofort zum Gefrieren bringen. Mit einer eigens hiefür konstruierten Zange werden dann die Patronen aus dem Tauchgefäss genommen, in das Bohrloch eingeführt und mit einem hölzernen Ladestock hineingepresst. Ist das Bohrloch nach oben gerichtet, so wird jede einzelne Patrone noch mit einem kleinen Papierbausch festgehalten. Als letzte Patrone wird dann die Zündpatrone aufgesetzt.

Die *Zündpatrone* wird bei den Kartonhülsen durch Aufsetzen eines Holzpfropfens gebildet, durch den die Zündleitung führt. Ausser der Durchbohrung für diese Zündleitung müssen aber im Pfropfen noch ein oder zwei kleine Kanäle vorhanden sein, um den vergastem Sauerstoff entweichen zu lassen. Für das Aufsetzen des Pfropfens wird die Patrone in einen kleinen, am Tauchgefäss seitlich angebrachten Behälter gestellt; dabei darf sie natürlich wegen der sonst unvermeidlichen schmerzhaften Brandwunden nicht mit der blossen Hand angefasst werden. Auch muss die Zündpatrone sehr sorgfältig in das Bohrloch gebracht werden, damit die Zündleitung nicht herausgezogen oder beschädigt wird. Ein Papierknäuel und schliesslich die *Verdämmungspatronen* bilden den Abschluss des Loches. Bei Patronen aus Leinwandsäckchen wird die Zündschnur oder Zündleitung in das Säckchen eingebunden und mit diesem in den flüssigen Sauerstoff getaucht.

Die *Zündung* kann nun sowohl *elektrisch* als mit gewöhnlicher *Zündschnur* erfolgen und zwar sowohl *mit* als auch *ohne Sprengkapsel*. Bei Verwendung von Sprengkapseln ist die Explosion brisanter und dadurch die Wirkung unter Umständen grösser, bei Zündung mit blosser Stichflamme ist die Wirkung langsamer, ähnlich wie bei Schwarzpulver. Das Weglassen der Sprengkapsel hat den Vorteil, dass das Ausbohren des Schusses, wenn dieser versagt hat, ganz gefahrlos ist, denn nach einer halben Stunde ist der Sauerstoff verflüchtigt und im Bohrloch bleibt nur noch die ungefährliche Mischsubstanz. Die elektrische Zündung hat ihrerseits den Vorteil, dass, wenn alles gut vorbereitet ist, die Zündung rascher erfolgen kann.

Es kommt bei dem Sprengen mit flüssigem Sauerstoff sehr darauf an, dass, einmal geladen, die Zündung möglichst rasch erfolgt, bevor zu viel Sauerstoff sich verflüchtigt hat. Von der Entnahme der Patronen aus dem Tauchgefäss bis zur Zündung sollten nicht mehr als fünf Minuten verstreichen; die Wirkung ist dann noch gut. Nach 15 bis 20 Minuten erfolgt überhaupt keine Explosion mehr. Die Ladezeit ist also sehr kurz, weshalb nur wenige Schüsse gleichzeitig mit einem einzigen Tauchgefäss geladen werden können. Bei den erwähnten Versuchen war es deshalb nie möglich, mehr als drei Schüsse gleichzeitig abzufeuern. In deutschen Bergwerken soll man es aber bis zu zwölf gleichzeitigen Schüssen gebracht haben durch Versetzen der elektrischen Zünder in einem Holzpfropfen zu unterst in das Bohrloch, unter gleichzeitigem Fertigstellen der Zündleitung und erst nachherigem Einbringen und Verdämmen der Sprengpatronen.

Die *Wirkung* der Sprengladungen mit flüssigem Sauerstoff war bei den erwähnten Versuchen ungefähr die gleiche, wie jene mit Telsit oder Gamsit und hat im allgemeinen befriedigt. Jedenfalls wäre sie aber stärker gewesen, wenn der Durchmesser der Patronen grösser als 25 mm hätte gewählt werden können.

Was den flüssigen Sauerstoff, als Sprengstoff, von den übrigen Sprengstoffen vorteilhaft unterscheidet, ist die absolute *Ungefährlichkeit*. Der flüssige Sauerstoff ist an und für sich weder durch eine offene Flamme, noch durch Glut entzündlich. Alles was mit

ihm bei ungeschickter Handhabung geschehen kann, ist dessen rasche Verdunstung, wenn das Gefäss umgeworfen oder zerbrochen wird. Es muss hauptsächlich vermieden werden, dass die Flüssigkeit, deren Temperatur wie gesagt — 183° beträgt, beim Transport an die Glaswände der Transportflaschen hinaufspritzt, weil das Glas dann unfehlbar springt, da die Wirkung eben die gleiche ist, wie wenn Wasser auf heisses Glas gespritzt würde.

Nur wenn der flüssige Sauerstoff mit der Mischsubstanz vermischt ist, was erst kurz vor der Verwendung geschieht, wirkt er explosiv und kann dann infolge der raschen Verdampfung durch eine offene Flamme auf 7 bis 8 cm Abstand zur Explosion gebracht werden. Es darf daher in der Nähe des Tauchgefässes und beim Laden nicht mit offenen Grubenlampen gearbeitet und auch nicht geraucht werden. Eine gewisse Gefahr bilden auch jene Ladungen, die im Moment des Anzündens der Zündschnur „auskochen“; dem kann aber durch gewissenhafte Verdämmung vorgebeugt werden.

Ueber die *Kosten* des flüssigen Sauerstoffes als Sprengmittel kann folgendes mitgeteilt werden:

Der flüssige Sauerstoff kam zu stehen ab Fabrik der / auf Fr. 2,—	
Der Naphtalinruss ab Fabrik das kg auf . . . . .	„ 12,50
Eine Kartonhülse das Stück auf . . . . .	„ —,10
Eine Dewar-Transportflasche mit 2 Liter Inhalt, einschliesslich Drahtkorb und Filzunterlage auf . . . . .	„ 80,—
Eine Thermosflasche auf . . . . .	„ 7,20

Für eine Patrone braucht es etwa 10 gr Naphtalinruss und etwa 0,3 l flüssigen Sauerstoff, eingerechnet den Verlust auf dem Transport und beim Tauchprozess. Eine Patrone kostete somit ungefähr Fr. 1,10.

Auf den laufenden Meter Bohrloch stellten sich bei den Versuchen die *Kosten der Ladung* einschliesslich Bedienung, Verbrauch an Zündmitteln, Flaschenverschleiss usw. wie folgt:

Bei elektrischer Zündung . . . . .	auf rd. Fr. 5,50
„ Zündung mit Zündschnur . . . . .	„ „ 4,25

Mit den gewöhnlichen Sprengmitteln, Dynamit oder Cheddite, kostet die Ladung zur Zeit pro lf. m Bohrloch etwa Fr. 3,80.

Das Sprengen mit flüssigem Sauerstoff kam also bedeutend teurer zu stehen als mit gewöhnlichen Sprengmitteln, wobei der Verlust an Zeit, wegen des häufigen Abtretens der Arbeitergruppen, nicht einmal in Rechnung gebracht ist. Andererseits muss aber berücksichtigt werden, dass die ganze Handhabung dieses Sprengstoffes noch ungewohnt war und bei dessen längerem Gebrauch manches zweckmässiger hätte eingerichtet werden können. So war z. B. nur *ein* Tauchgefäss im Gebrauch, bei Verwendung von mehr Gefässen hätten voraussichtlich mehr Bohrlöcher gleichzeitig geladen werden können.

Vor allem ist es aber notwendig, um Sprengungen mit flüssiger Luft wirtschaftlich zu gestalten, dass der *flüssige Sauerstoff am Verbrauchsort selbst hergestellt* wird. Dadurch fallen der grosse Verlust an Sauerstoff auf dem Transport und die Kosten für die vielen zerbrochenen Transportgefässe weg, und wenn dann auch noch weitere Bohrlöcher und dickere Patronen zur Anwendung kommen, so lässt sich der Betrieb jedenfalls bedeutend billiger gestalten. So sollen in deutschen Kohlenbergwerken durch Verwendung von flüssigem Sauerstoff als Sprengstoff bedeutende Ersparnisse, selbst gegenüber Schwarzpulver, erzielt worden sein.

Stationäre Luftverflüssigungsanlagen können aber natürlich nur dort erstellt werden, wo entsprechend grosse Felssprengungen vorzunehmen sind, wie bei Bergwerken, langen Tunneln, in Steinbrüchen oder bei einer Anlage wie bei Altdorf. Hier verhinderten aber besondere Umstände von vornherein die Aufstellung einer solchen Installation. Anfangs handelte es sich eben nur um Versuche zur Erprobung des Sprengmittels. Sodann verursachte die Beschaffung passender Transportgefässe eine lange Verzögerung, ferner war es zweifelhaft, ob man einen Luftverflüssigungsapparat, der aus dem Ausland hätte bezogen werden müssen, erhalten hätte, und auch die Anschaffung und das Aufstellen einer passenden Kompressorenanlage hätte viel Zeit beansprucht und hohe Kosten verursacht, sodass schliesslich die ganze Installation doch nicht mehr rechtzeitig fertig geworden wäre, um sich zu lohnen. Durch die Versuche ist aber immerhin erwiesen worden, dass das Sprengen mit flüssiger Luft, bzw. flüssigem Sauerstoff ganz gut ausführbar ist und unter besondern Verhältnissen auch wirtschaftlich vorteilhaft sein kann.