

# Elektrizität aus vulkanischen Dämpfen

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik**

Band (Jahr): **3 (1948)**

Heft 6

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-653957>

## **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.

# Elektrizität aus vulkanischen Dämpfen

Von Ing. M. Pozzo

*Der Reisende, der zwischen Bologna und Florenz den längsten Tunnel Europas im Hundertkilometer tempo durchfährt, ahnt wohl nicht, daß die elektrische Energie, die auf der ganzen Strecke zur Zugförderung und zur taghellen Beleuchtung des Tunnels aufgewendet wird, weder aus Wasserkraftwerken noch aus kalorischen elektrischen Werken mit Kohlenbetrieb stammt, sondern daß der elektrische Strom aus tellurischem Dampf erzeugt wird, den man durch Bohrungen im vulkanischen Gestein gewinnt. Erstmals und bisher noch einmalig findet hier die Spannkraft des Wasserdampfes, der in den Tiefen der Erdrinde entsteht, eine Nutzenanwendung, die ihre technische und wirtschaftliche Bewährung vollkommen bewiesen hat.*

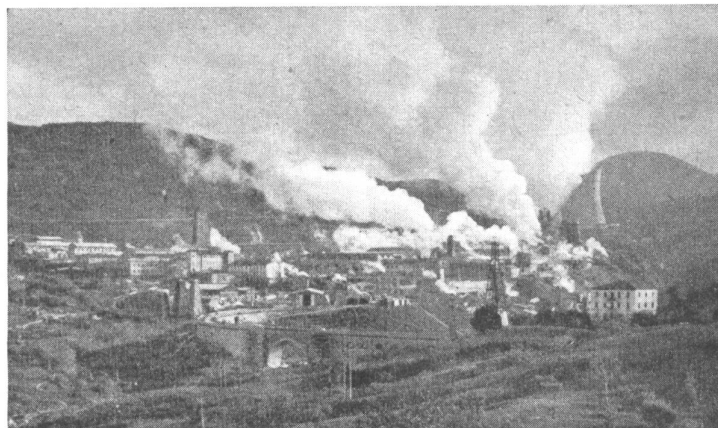


Bild 1: Die Anlage zur Verwertung des tellurischen Dampfes in Larderello in der italienischen Provinz Toscana.

Von altersher war bekannt, daß im Tal des Larderello (Bild 1), in der Provinz Toscana in Italien, in einer unwirtlichen Gegend, an verschiedenen Stellen des dortigen vulkanischen Geländes aus Sprüngen und Ritzen des Gesteins Dampfsäulen zutage treten. Von diesen «Fumarole», wie sie im Volksmunde hießen, war bekannt, daß sie auf dem umliegenden Gestein verschieden gefärbte Kristalle absetzten und außerdem die umliegende Luft mehr oder weniger verpesteten. Die Kristalle stammen von den mineralischen Stoffen, mit denen sich der Dampf in der Tiefe anreicherte, der Gestank von den verschiedenen Gasen, die der Dampf mitführt. Hie und da holten Hirten die kristallisierten Salze, um sie für die Aufbereitung und Konservierung frischer Ziegen- und Schaffelle zu verwenden. Sonst aber mied man die Gegend, die bei der abergläubischen Bevölkerung als Tummelplatz böser Geister verschrien war. Das Gelände gehörte seit jeher einer alteingesessenen Patrizierfamilie aus Florenz.

Der Zufall führte am Ende des 18. Jahrhunderts den deutschen Naturforscher und Magister der Pharmazie, H. Hoefler, in diese Gegend. Er

stellte 1777 fest, daß in dem Dampf der Fumarolen nennenswerte Mengen von Borsäure enthalten sind. Damals war Borax ein sehr gesuchter Handelsartikel, war man doch einzig und allein auf asiatische Fundorte angewiesen, wo er als Ausscheidung salzhaltiger Seen gewonnen wurde. Glaskeramische und andere Industrien konnten Borax nicht entbehren. Eine teure Sache bei den damaligen Transportverhältnissen. Mit der Entdeckung des deutschen Magisters wurde natürlich das Interesse für die Fumarolen plötzlich rege.

Dem damaligen Stand von Technik und Wissenschaft entsprechend wurde der tellurische Dampf der Fumarolen unter Wasser geleitet, wobei es sich mit Borsäure anreicherte. Zum Eindampfen benutzte man eiserne Sudpfannen. Durch entsprechende Umkristallisation reinigte man halbwegs das Endprodukt. Als Heizmaterial für die Sudpfanne stand nur Holz zur Verfügung, das aber in dieser holzarmen Gegend von weither auf Tragtieren herbeigeschafft werden mußte. Auf die so naheliegende Verwendung des tellurischen Dampfes selbst zur Heizung der Sudpfannen kam man erst viel später.

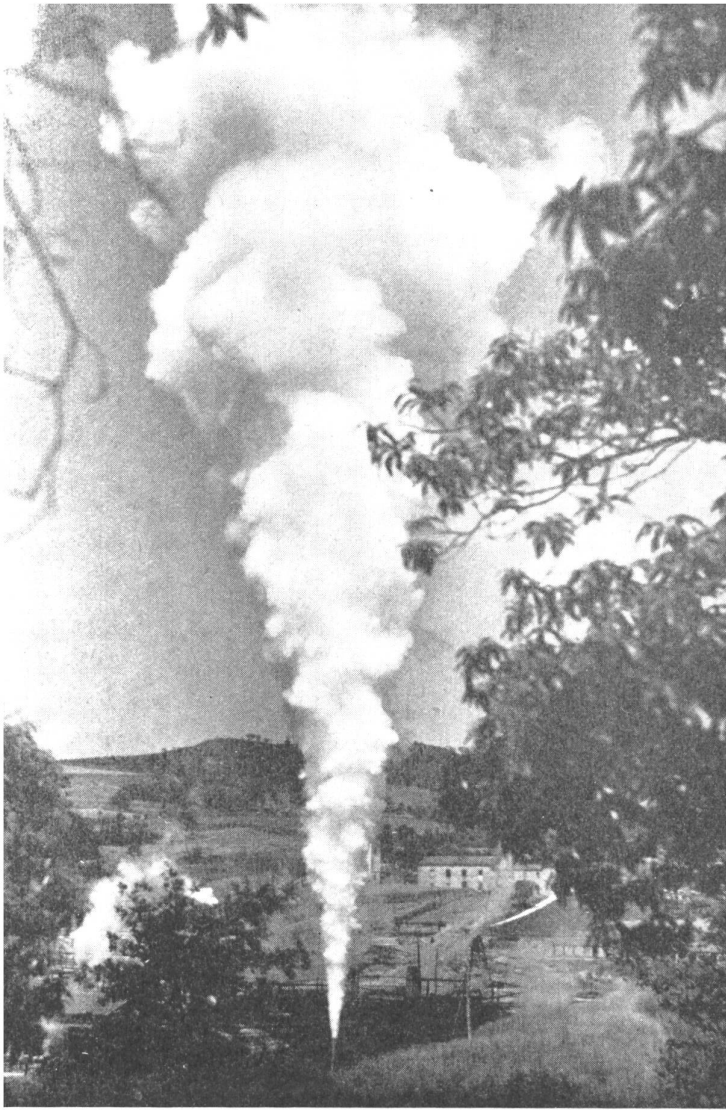


Bild 2: Freier Dampfaustritt aus einer der ersten Tiefbohrungen.

Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts ging man dazu über, Röhren, wie es bei Schlagbrunnen üblich, in den Boden zu treiben, um den Dampf noch vor seinem Austritt aus dem Gestein zu erfassen (Bild 2). Die Möglichkeit, diese Bohrstellen beliebig und systematisch über das ganze vulkanische Gelände verteilen zu können, erhöhte wesentlich die Ausbeute an tellurischem Dampf und damit an Borsäure. Systematische Untersuchungen über die Beimengungen, die der Dampf mit sich führt, und über die Druckverhältnisse ergaben, daß beide sowohl im Laufe der Zeit als auch bei Vermehrung der Anzapfstellen oder Bohrungen konstant blieben.

Wenn auch diese Art Bohrungen keine größeren Tiefen erreichten, so war ihre Anlage doch immer mit gewissen Gefahren verbunden. Stieß man nämlich auf größere unterirdische Dampfansammlungen, so kam es oft vor, daß das ganze Gerät von den plötzlich frei werdenden Dampfmen gen explosionsartig in die Luft flog. Das ist dadurch zu erklären, daß in solchen Hohlräumen

fast immer auch Wasser vorhanden ist, das sich bei plötzlicher Entlastung sofort in Dampf verwandelt.

Im Laufe der Zeit sammelte man die nötigen Erfahrungen, um auch diesen Schwierigkeiten Herr zu werden. Eine schachbrettartig über das Gelände verteilte Anordnung von Hunderten solcher Bohrlöcher ergab auch die Möglichkeit einer genaueren Kenntnis der Verhältnisse unter Tag. Daß der tellurische Dampf in größeren Tiefen entstehen muß und das vulkanische Gestein ihm durch seine sehr zahlreichen Ritze und Spalten die Möglichkeit bietet, die Erdoberfläche zu erreichen, war bald erkannt. Dagegen ist man sich heute noch über seine Entstehung nicht im klaren. Eine Hypothese besagt, daß der tellurische Dampf aus Sauerstoff und Wasserstoff in Tiefen entsteht, wo Druck und Temperatur bedeutende Ausmaße erreichen und unter ihrem Einfluß die direkte Bildung überhitzten Wasserdampfes aus seinen Elementen möglich ist. Eine zweite geht davon aus, daß Mengen einsickernden Wassers in größeren Tiefen auf Temperaturen stoßen, die ihre Verdampfung ermöglichen. Beide Ansichten haben ihre Verfechter und Bekämpfer. Nicht von der Hand zu weisen ist die Ansicht, daß beide Entstehungsarten gleichzeitig am Werke sind und sich gegenseitig ergänzen.

Mit der Erkenntnis, daß der Druck des gewonnenen tellurischen Dampfes mit der Zeit und mit der Anzahl von tätigen Bohrlöchern nicht abnimmt, ging man daran, größere Bohrungen in größeren Tiefen zu versuchen. Im Anfang dieses Jahrhunderts wurde die sogenannte pennsylvanische Bohrmethode versucht. Bei dieser wird ein schwerer Bohrmeißel, der an einem Seile hängt, in rascher Aufeinanderfolge gehoben und frei fallen gelassen, so daß er bei jedem Aufschlag das Gestein zertrümmert und nach und nach in dasselbe eindringt. Das entstehende Bohrmehl muß von Zeit zu Zeit mit speziellen löffelartigen Werkzeugen entfernt werden. Diese Bohrmethode, die bei den Bohrungen auf Erdgas, Erdöl, Kali, Kohle usw. entwickelt wurde und bisher ganz gute Resultate gezeitigt hatte, versagte im vulkanischen Gestein. Der vollkommene Mangel einer Schichtung, insbesondere aber die zahlreichen Risse, Spalten und Hohlräume im vulkanischen Gestein lenken das Bohrwerkzeug von der lotrechten Richtung ab, wodurch eine richtige Verrohrung des Bohrloches, wie sie für die Erreichung größerer Bohrtiefen nötig ist, unmöglich gemacht wurde. Immerhin, größere Bohrtiefen als bisher erreichte man doch. Neben einer Vergrößerung der Ausbeute an tellurischem Dampf erzielte man eine genauere und bessere Erkenntnis über die geologischen Verhältnisse in vertikaler Richtung, die sich auch in horizontaler

Richtung verdichtete, als man dazu übergang, die Bohrungen systematisch durchzuführen.

Ins erste Dezennium des 20. Jahrhunderts fällt die Geburtsstunde für die *Verwendung tellurischen Dampfes für motorische Zwecke*. Der erste Versuch scheiterte zwar, aber die dabei gemachten Erfahrungen gaben den Anstoß zu einer späteren Entwicklung, an die zur damaligen Zeit wohl niemand ernstlich dachte.

Betriebsbüro und Reparaturwerkstätte des Unternehmens sollten elektrische Beleuchtung erhalten. Nach bestmöglicher Reinigung des tellurischen Dampfes von seinen Beimengungen wurde damit eine kleine Kolbendampfmaschine zum Antrieb einer elektrischen Dynamomaschine gespeist. Alles verlief anfangs ganz programmgemäß, aber lange dauerte die Freude nicht. Bald zeigte es sich, daß die zur Verfügung stehenden wirtschaftlich vertretbaren Reinigungsverfahren nicht genühten, um zu verhindern, daß sich doch nach Ablauf einer gewissen Zeit alle Kanäle, durch die der Dampf die Maschine passierte, derart verstopften, daß ein weiterer Betrieb unmöglich war. – Nachdem direkte Methoden versagten, entschloß man sich zu einem großzügigen indirekten Versuch. Der Abfalldampf wurde, wohlisoliert gegen weitere Wärmeverluste, in ebenfalls isolierte Großwasserkessel geleitet, die er in einem Röhrensystem durchfloß und hierbei seine Wärme an das die Röhren umfließende reine Kesselspeisewasser abgab. Der hierdurch entstehende Niederdruckdampf wurde zum Betrieb einer Niederdruckdampfturbine verwendet, an welche ein 1000 kW Drehstromgenerator direkt angekuppelt war. Der Versuch war von vollem Erfolg begleitet. Hiermit war zum erstenmal die *Erzeugung elektrischen Stromes aus tellurischem Dampf* vollkommen einwandfrei gelungen.

Sofort bestand jetzt größtes Interesse für Großkraftwerke, die mit tellurischem Dampf betrieben werden sollten. Dazu wurden aber in erster Linie viel größere Dampfmen gen benötigt, als sie auf Grund der bisherigen Bohrungen zur Verfügung standen! Nur wenn es gelang, in größere Tiefen der Erdrinde vorzudringen, konnte mit einem Erfolg gerechnet werden. Wie es sich später als ganz richtig herausstellte, wurde an-

genommen, daß in größerer Tiefe größere Dampfansammlungen anzutreffen sein müssen, in Hohlräumen, die mit anderen kleineren, die wabenartig im vulkanischen Gestein verteilt wären, in Verbindung stünden. Aber wie dazu gelangen, da alle bisherigen Bohrversuche schon bei geringeren Tiefen versagten?

Die Bohrtechnik hatte mit der Zeit Schritt gehalten und eine neue Bohrmethode war entwickelt worden, die sich bisher in allen anderen Gesteinsformationen für Tiefbohrungen bestens bewährt hatte: Das «Rotary»-Bohrsystem, bei welchem ein mit einem kräftigen hohlen Stahlgestänge verbundener schwerer Kopfbohrer aus bestem Spezialstahl, mitunter die Schneiden mit Diamanten besetzt, von Obertag aus mechanisch gedreht wird. Das an der Bohrstelle entstehende Bohrmehl wird durch Spülwasser fortwährend entfernt, das durch das hohle Gestänge der Bohrstelle zugeführt wird, von wo es, das Bohrmehl mit sich führend, zwischen Gestänge und Bohrlochwand aufsteigend, das Bohrloch verläßt.

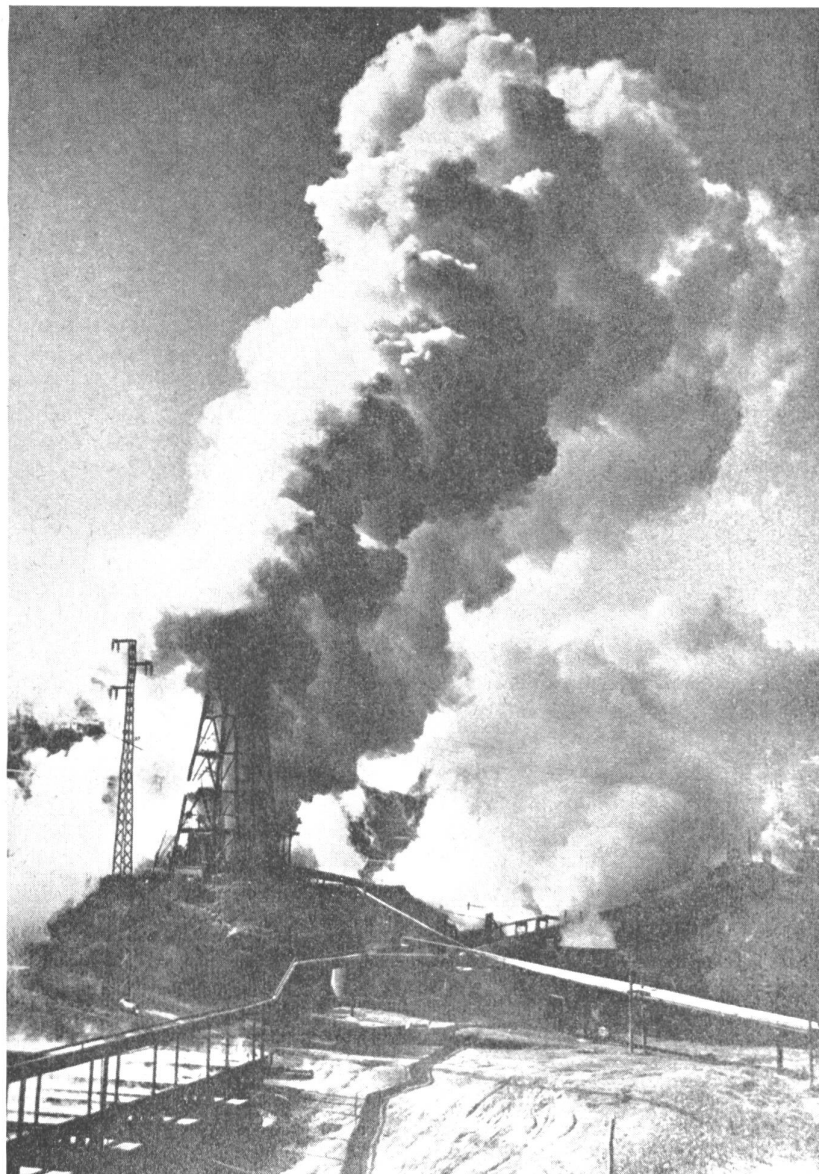


Bild 3: Die Explosion im März des Jahres 1931 nach der ersten Tiefenbohrung.

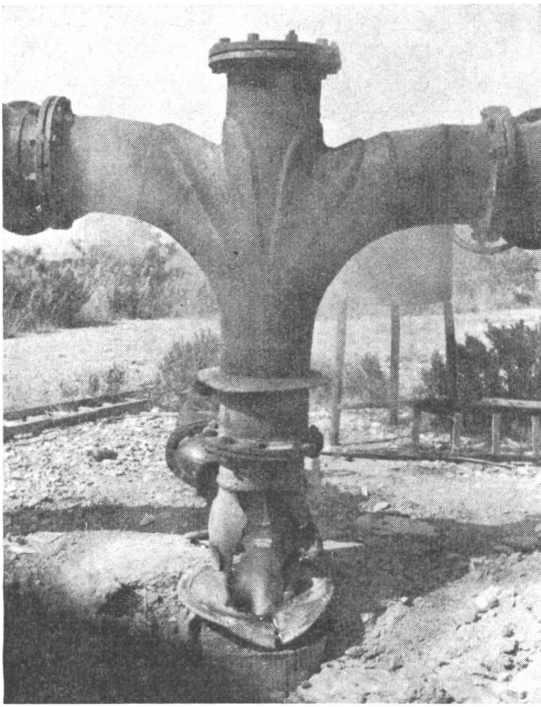


Bild 4: Ein kreuzförmiges Kopfstück, wie es unter großen Schwierigkeiten auf das erste Tiefbohrloch aufgesetzt wurde. Das Kopfstück auf dem Bild ist durch den Dampfdruck gesprengt worden.

Einem Naturgesetz zufolge konnte damit eine Tiefbohrung in vulkanischem Gelände nur sicher gelingen, solange in den erbohrten dampfführenden Hohlräumen ein Dampfdruck herrschte, der geringer war als der hydrostatische Druck, welcher der Höhe der Spülwassersäule entsprach. Überstiege er diesen, so würde der tellurische Dampf das Spülwasser von der Bohrstelle fernhalten und aus dem Bohrloch herausdrücken. Ein weiteres Bohren wäre unmöglich. Auch dieses Problem fand eine Lösung. Ein Spezialgerät wurde entwickelt, womit man das Bohrloch ständig unter entsprechenden großem Druck halten kann, wodurch Bohrungen auch in vulkanischem Gestein von praktisch beliebiger Tiefe durchgeführt werden können.

Vom Glück begünstigt, hat in den dreißiger Jahren die erste Rotary-Bohrung mit Wasserspülung mehrere hundert Meter Tiefe erreicht, als Erscheinungen eintraten, welche einen nahen Dampfausbruch anzeigten. Kaum hatten sich die Arbeiter in Sicherheit begeben, als mit einer fürchterlichen Explosion das Bohrwerkzeug, Gestänge, Spülwasser und Steine aus dem Bohrloch flogen, den Bohrturm und die Bohranlage vollkommen zertrümmert. Mit einem ohrenbetäubenden Gedröhn, das kilometerweit hörbar war und jede mündliche Verständigung in einem weiten Umkreis um die Bohrstelle ganz unmög-

lich machte, stieg eine weiße Dampf Wolke in den azurblauen toscanischen Himmel, um sich in der Höhe pilzartig zu verbreitern (Bild 3).

Aus Temperaturmessungen am Munde des Bohrloches ergab sich, daß der Dampf mit 4 at Überdruck das Bohrloch verließ. Der austretende Dampfstrahl hatte eine Geschwindigkeit von über 300 m/sec, also ungefähr Schallgeschwindigkeit. Aus dem Durchmesser des Bohrloches konnte man eine stündliche Dampfmenge von 210 000 kg Dampf errechnen.

Nun galt es, diesen mächtigen Dampfstrahl zu fassen, ein Problem, dessen Lösung durch die Begleitumstände wesentlich erschwert wurde. Die Temperatur am Bohrloch selbst betrug ungefähr 140° C, so daß alle Arbeiten nur aus entsprechender Entfernung möglich waren. Zunächst wurde ein kräftiger Eisenring knapp unterhalb der Mündung des aus der Erde ragenden obersten Bohrrohres autogen angeschweißt. Hierzu bediente man sich etwa 4 Meter langer Werkzeuge unter Verwendung entsprechender Wärmeschutzschilde, die einen Großteil der strahlenden Wärme abhielten. Aus entsprechend starken Stahlrohren wurde ein kreuzförmiges Kopfstück hergestellt mit drei Schiebern an beiden Enden des Querbalkens und am oberen Ende (Bild 4). Alles war autogen geschweißt und so bemessen, daß das Gesamtgewicht der ganzen Konstruktion etwas größer war als der errechnete Druck der Dampfsäule am Bohrlochmündung. Dieses Kopfstück, das am unteren Ende knapp vor der Mündung ebenfalls einen aufgeschweißten kräftigen Eisenring trug, wurde mittels eines hohen Dreibeins hängend über das Bohrloch in Stellung gebracht, langsam abgesenkt und die beiden Eisenringe des Bohrrohres und Kopfstückes miteinander fest verschweißt. Hierauf wurde ein Schieber des Querbalkens geschlossen und diese Seite mit der inzwischen vorbereiteten Dampfleitung verbunden, der Schieber geöffnet und das gleiche auf der anderen Seite des Kopfstückes wiederholt. Nun konnte der obere Schieber geschlossen werden, wodurch der obere Dampf in die beiden Dampfleitungen abgelenkt wurde.

Dem Unternehmungsgeist, der Vorsorge der leitenden Techniker und der Ausdauer der eingesetzten Belegschaft war es zu danken, daß dieses Werk gelang. *Erstmals in der Geschichte der Technik hatte sich der Mensch tellurischen Dampf im Großen nutzbar gemacht.* Auf Grund der Erfahrungen dieser ersten größeren Bohrung wurden im Gelände von Lardarello im Laufe der Jahre noch mehrere ähnliche Bohrungen mit Erfolg durchgeführt.

Der zur Verfügung stehenden großen Dampfmenge entsprechend, entstanden neben den Kraftanlagen verschiedene Anlagen für die Ge-

winnung von Borsäure, Kohlensäure, Stickstoff, Methan usw. Aber auch die Gewinnung von Neon und Helium war vor Jahren geplant, nachdem die große Dampfmenge trotz des geringen prozentualen Gehaltes dieser seltenen Gase einen

entsprechenden Erfolg versprach. Kolonnen von Ausscheidungsgeräten und Batterien von Niederdruckdampfkesseln mit einem ganzen Netz von Bohrleitungen geben heute dem Gelände von Larderello ein eigenartiges Gepräge.

## DAS LEBENDE FOSSIL

Von Georg Kern

Zu den höchsten Bäumen der Erde gehört der Mammutbaum, *Sequoia gigantea*, der auf einem verhältnismäßig kleinen Areal in Amerika vorkommt und von dem einige besonders große Exemplare im Yellowstonepark unter Naturschutz stehen. In Gärten und Parks kann man auch bei uns diesen stattlichen immergrünen Nadelbaum oftmals antreffen. Es handelt sich bei der *Sequoia* um den Vertreter einer eigenen Gruppe von Nadelhölzern, die früher eine viel größere Verbreitung besaßen, denn versteinert hat man *Sequoien* schon vor 100 Jahren zuerst aus der Schweiz, dann von Grönland, Spitzbergen, der Polarzone Sibiriens und den amerikanischen Nordstaaten Montana und Alaska nachgewiesen. Diese Fossilien wurden alle einer einzigen Gattung zugeschrieben, bis im Jahre 1942 ein japanischer Gelehrter, S. Miki, die interessante Entdeckung machte, daß es sich in Wirklichkeit um zwei Gattungen handeln müsse, eine immergrüne *Sequoia* und eine weitere Art mit ganz ähnlichem Holz und ähnlichen Zapfen, die aber ihre Nadeln im Winter abgeworfen habe. Er nannte diese neue Gattung *Metasequoia* und nahm an, sie sei längst ausgestorben.

Vor einigen Monaten kam aber aus Amerika die überraschende Kunde, daß ein chinesischer Förster lebende *Metasequoien* im östlichen Szetschuan und westlichen Hupe gefunden habe. Der Baum, der vor 100 Millionen Jahren die ganze nördliche Halbkugel besiedelte und unter dessen Wipfeln sich Dinosaurier und Riesenechsen tummelten, wäre also gar noch nicht ausgestorben!

Mit amerikanischen Geldern wurde eine Expedition zur Prüfung dieser erstaunlichen Tatsache ausgerüstet. Der Paläobotaniker der Universität Kalifornien, Dr. Ralph W. Chaney, machte sich im Flugzeug auf den Weg, gelangte über Shanghai nach Tschunking, Chinas Kriegshauptstadt, und fuhr von dort den Jangtsekiang hinab bis Wan Hsien. Hier stellte er eine Karawane zusammen, in der auch eine bewaffnete

Schutzwache nicht fehlen durfte, denn vor allem die Photoapparate waren zu schützen in einer Gegend, die bis dahin vielleicht noch nie ein «weißer Teufel» betreten hatte. Die Karawane schlug die Richtung nach dem Süden ein und hatte einen Weg von 160 km zurückzulegen, der in das Gebiet des östlichen Szetschuan und des westlichen Hupe führte. Vier Gebirgsketten, davon zwei von über 1600 m Höhe, waren zu überqueren. Regen und Nebel begleiteten den winterlichen Zug (Die Expedition fand im Februar statt.). Am Ausgang des kleinen, verlassenem Dörfleins Mo Tao Chi trat den Forschungsreisenden das erste «lebende Fossil» entgegen, rund 100 km südlich von Wan Hsien. Im Laufe der Expedition hat Dr. Chaney an die tausend *Metasequoien* angetroffen. Der größte Baum, den er gesehen hat, war wohl 30 m hoch, und sein Stamm hatte in Mannshöhe einen Durchmesser von drei Metern. Überall fanden sich neben der *Metasequoia* Kastanien, schmalblättrige Eichen, der süße Gummibaum und an einer Stelle auch eine große *Katsura*. Die Paläobotaniker stellten durch vergleichende Forschungen fest, daß die gefundene *Metasequoia* wirklich größte Ähnlichkeit mit den ausgestorbenen *Metasequoien* früherer Erdperioden aufweist: Der hohe Stamm reckt seine Äste aufwärts und läßt sie nicht niedersinken wie die Rottanne. Die Borke hat eine deutlich rötliche Tönung und ist bemerkenswert dünn. Aber die Verwandtschaft mit der *Sequoia* ist unverkennbar, und deshalb hat Dr. Chaney die Hypothese aufgestellt, daß die *Sequoia* von der *Metasequoia* abstamme.

Wenn sich der Baum durch die Jahrtausende in diesen Binnentälern Chinas gehalten hat, so ist das wohl damit zu erklären, daß hier die Lebensbedingungen innerhalb der Bergketten denen aus der Tertiärzeit annähernd entsprechen. Im Miozän ist die *Metasequoia* aus der übrigen Welt verschwunden, während damals die *Sequoia* zum erstenmal in Nordamerika, Europa und Asien ihre fossilen Spuren eingetragen hat.