

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 95 (1977)
Heft: 17

Artikel: Ultraviolett-Laser - ein neues Werkzeug der Chemie
Autor: MPG
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-73363>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 08.02.2026

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

lung mit Gummiring. Die Berechnung erfolgte für die Lastfälle Eigengewicht, Wasserfüllung, 85 cm Erdüberdeckung, verteilte Nutzlast 500 kg/m², Einzelradlast in Rohrmitte bzw. über der Kupplung. Mit diesen sechs Lastfällen wurden die Grenzwertlinien in den 90 Elementschnittpunkten und den 72 Elementmitten berechnet. Die maximale Beanspruchung liegt mit ausgeprägter Spitze am Ende des Linienauflagers (Bilder 13, 14, 15, 16).

Die maximale *Hauptspannung* aus den Lastkombinationen beträgt 212 kg/cm², was einer Sicherheit von 2,6 gegenüber der garantierten Ringbiegefestigkeit von 550 kg/cm² entspricht. Die dazugehörige Auflagerkraft eines Rohres beträgt 22 t je Auflagersockel. Die gleichzeitig durchgeführte Berechnung mit 4 m Erdüberlagerung ergab für diesen Lastfall allein eine Spannungsspitze von 389 kg/cm². Mittels Interpolation ergibt sich, je nach angenommener Grabenbedingung, Nutz- bzw. Radlast, eine *maximal zulässige Erdüberdeckung* von rd. 2,2 m ($\sigma_{\max} = 250 \text{ kg/cm}^2$), was einer *Sohlentiefe* von 3,85 m entspricht. Die maximale Beanspruchung in Rohrmitte beträgt mit dem vorliegenden Verhältnis $L/H = 2,9$ nur 39 kg/cm². Zum Vergleich kann dieselbe Spannung am einfachen Balken unter Vernachlässigung der lokalen Biegemomente zu 27 kg/cm² berechnet werden.

Bauausführung

Dank der beim Grossversuch gewonnenen Erfahrungen ergaben sich keine nennenswerten Probleme während der Bauausführung (Bilder 17, 18).

Die *gute Masshaltigkeit* der Rohrlängen erlaubte es, 3 km Rohrleitung vom gewachsenen Boden aus vorzupfählen, wobei vor allem darauf zu achten ist, dass die Pfähle während des Schlagens unter Terrain nicht ausweichen können. Der Grabenaushub mit Dragline erfolgte bis OK Pfahlkopf. Die Sockelvertiefungen wurden von Hand ausgehoben. Besondere Aufmerksamkeit erforderte das genaue Einhalten des Längenprofils, wobei auch die Deformation des Gummiringes in der Kupplung nicht vernachlässigt werden kann.

Für die Gewährleistung der Auftriebssicherheit vor dem Einfüllen mussten in den Sockeln verankerte Armierungseisen um die Kupplung gezogen werden.

Bewährt hat sich auch das relativ handliche Rohrgewicht von 3,5 t, das die *Versetzarbeiten mit dem Aushubbagger* ausführen ermöglichte (Bild 19).

Alle 80 m wurden *Kontrolleinstiege* eingebaut. Sofern keine Richtungsänderungen vorhanden sind, ist in ein Normalrohr werkseitig eine Öffnung Ø 100 cm eingefräst und ein Aufsatzring aufgeklebt worden. Diese Art von Kontrollschächten hat den Vorteil, dass keine Rinnen, Bankette und Rohranschlüsse zu erstellen sind (Bild 20). Bei Bogenschächten kamen die traditionellen Betonschächte zur Anwendung. Die Gesamtkosten lagen für die Ausführung mit Pfahlfundation bei 2,5 m mittlerer Sohlentiefe bei 1400 Fr./m' (Preisbasis 1973).

Zusammenfassung

Für den Bau einer Kanalisation Ø 140 bzw. 160 cm wurden Rohre «ETERNIT» gewählt. In den Zonen mit schlechten Baugrundverhältnissen wurden diese 5 m langen Rohre mit 52 bzw. 55 mm Wandstärke, statisch bestimmt, nur unter den Kupplungen auf pfahlfundierte kupplungsbreite Betonsockel gelagert. Neben der Computerberechnung wurde eine Belastungsprobe mit Druckpressen sowie eine Belastungsprobe mit Betonelementen an zwei erdverlegten Rohren ausgeführt.

Es zeigte sich, dass die Rohre die vorkommenden Belastungen aus Eigengewicht, Wasserfüllung, Erdüberdeckung 85 cm, verteilte Nutzlast und Einzelraddruck in Rohrmitte bzw. über der Kupplung mit genügender Sicherheit übertragen können. Es sind auch noch grössere Sohlentiefen möglich. In jedem Falle ist jedoch eine detaillierte statische Berechnung mit den effektiven Bedingungen absolut notwendig.

Adresse des Verfassers: F. X. Kuster, dipl. Bauing. ETH, Ingenieurbüro Kuster + Hager, Tönierstrasse 4, 8730 Uznach.

Ultraviolett-Laser – ein neues Werkzeug der Chemie

Der erste Laser in der *Bundesrepublik Deutschland*, der durch *Elektronenstrahlen* angeregt («gepumpt») wird, funktioniert. Er arbeitet mit dem *Edelgas Xenon* und liefert ultraviolettes Laserlicht. «Damit haben wir nicht nur den Einstieg in eine Familie neuer Lasersysteme geschafft», erklärte *Detlev Proch* von der *Projektgruppe für Laserforschung der Max Planck-Gesellschaft*. «Mit diesem Ultraviolett-Laser steht uns jetzt auch ein neues, wirkungsvolles Werkzeug für die Laserchemie zur Verfügung.»

Die Sonne ist das Vorbild: Mit ihrem Licht bauen Pflanzen aus Wasser und der Kohlensäure der Luft jedes Jahr ungefähr 100 Milliarden Tonnen organisches Material auf. Als «Abfallprodukt» dieser wohl wichtigsten *photochemischen Reaktion* entsteht ausserdem der für alles Leben auf der Erde notwendige Sauerstoff.

Licht kann aber nicht nur chemische Reaktionen auslösen. Es ist auch ein wichtiges Hilfsmittel bei der Bestimmung von Struktur und Konzentration von Molekülen. Das «natürliche» Licht der Sonne hat allerdings ebenso wie das Licht von künstlichen Leuchtkörpern grundsätzliche Schwächen: Es besteht aus einem Gemisch elektromagnetischer Strahlung verschiedener Wellenlängen. Die Lichtwellen schwingen ungeordnet durcheinander. Aus dieser – mikroskopisch gesehen – wirren Lichtflut können an photochemischen Prozessen

beteiligte Moleküle jeweils nur ganz bestimmte Wellenlängen aufnehmen – wie jeder Sonnenbrand zeigt: Es ist allein der kurzwellige und deshalb besonders energieintensive ultraviolette Teil des Sonnenlichtes, der die Haut rötet.

Erst die Erfindung des Lasers machte es möglich, Licht einer nur einzigen Wellenlänge, dessen Portionen (Quanten) im gleichen Takt schwingen, herzustellen – mit weitaus grösserer Energie in der betreffenden Wellenlänge, als das die Sonne vermag. Mit Lasern lassen sich also gezielt genau die Lichtwellenlängen – und zwar ausschliesslich diese – erzeugen, die an photochemischen Prozessen beteiligte Moleküle brauchen, um zu reagieren. Bei solchen photochemischen Untersuchungen waren die Wissenschaftler bisher vor allem auf den *Kohlendioxid-Laser* angewiesen. Wegen seines grossen Wirkungsgrads von bis zu 10 Prozent setzt er unter den Lichtverstärkern die meiste Energie in Laserlicht um: Seine für das menschliche Auge unsichtbare Laserstrahlung (Wellenlänge: 10,6 µm) im *Infrarot-Bereich* an der Grenze des sichtbaren Lichts zu grösseren Wellenlängen ist den Chemikern aber für viele Anwendungen zu weich. «Damit bekommen wir nicht genug Energie in ein Molekül hinein», betont Detlev Proch.

Bei der Entwicklung neuer Laser für die Photochemie konzentrierten sich die Forscher deshalb auf «härtere», kurzwelligere Strahlung, den *ultravioletten Bereich* also, der das

sichtbare Licht gegen die noch energiereicheren Röntgenstrahlen abgrenzt. Dabei wächst freilich der Aufwand, solche kurzwelligen Laser anzuregen, überdimensional: Das Licht, elektrische Entladungen oder chemische Energie, mit denen sonst Laser «gepumpt» werden, sind zu schwach.

Eine «Elektronenkanone» in Form eines liegenden Zylinders ist deshalb auch der geräumigste Teil des jetzt in Garching bei München von der Projektgruppe für Laserforschung entwickelten Ultraviolett-Lasers. Diese Maschine liefert bis auf 500000 Volt beschleunigte Elektronen. Damit gelingt es, das aktive Medium des Garchinger Ultraviolett-Lasers zu «pumpen»: Xenon, ein Element, das praktisch mit keinem anderen reagiert und deshalb zu den Edelgasen zählt.

Der Beschuss mit Elektronen hilft dem reaktionsträgen Xenon auf die Sprünge. Es zerfällt wenige Milliardstel Sekunden lang zunächst in elektrisch geladene Xenon-Ionen. Diese bilden dann in Stossprozessen angeregte Xenon-Moleküle. Aus diesem *angeregten* Zustand fallen die Xenon-Moleküle dann über mehrere Stufen schliesslich wieder in den Grundzustand zurück und geben dabei die überschüssige Energie in Form ultravioletter Laserstrahlung mit 0,173 μm Wellenlänge ab. Weil diese Zustände nur sehr kurzlebig sind, erhält man *sehr kurze Laser-Pulse*.

Dieses Laserprinzip lässt sich auch für andere Edelgase, zum Beispiel Krypton und Argon, anwenden, aber ebenso für Gemische von Edelgasen mit Halogenen, wie Fluor, Brom oder Chlor. Nach Proch funktionieren diese exzimeren Laser alle nach einem ähnlichen Energieniveauschema und liefern mit mehr oder weniger grossem Wirkungsgrad ultraviolettes Laserlicht unterschiedlicher Wellenlänge. Weil die meisten Moleküle bei der Laserchemie jeweils nur auf bestimmte Wellenlängen ansprechen, erweitert diese Laserfamilie die Einsatzmöglichkeiten solcher Lichtverstärker beträchtlich. Technisch verwirklichten die Garchinger Wissenschaftler den Xenon-Laser mit zwei ineinander steckenden (koaxialen) Röhren. Von der äusseren mit 4 Zentimeter Durchmesser strömen die in der «Kanone» beschleunigten Elektronen in Richtung auf das innere, etwa 4 Millimeter im Durchmesser grosse Röhrchen, durchdringen seine dünne Wand aus Titan und prasseln dann gleichmässig von allen Seiten auf das Xenon. Damit möglichst

viele Elektronen «Treffer» erzielen, ist das Xenon-Gas ziemlich dicht gepackt: Es steht unter 13 Atmosphären Druck. Nach Karl-Ludwig Kompa, dem geschäftsführenden Direktor der Projektgruppe, lässt sich mit solchen Ultraviolett-Lasern ein Molekül mit ungefähr 50mal mehr Energie anregen als mit Infrarot-Lasern. Die dadurch jetzt erreichbaren Effekte sind also sehr viel drastischer und eröffnen *ganz neue Möglichkeiten für die Chemie*. Beim Starten einer chemischen Reaktion wurde bisher im allgemeinen die Temperatur erhöht. Nach dem Einschalten zum Beispiel des Gasbrenners verteilt sich die zugeführte Energie ungefähr gleichmässig auf alle beteiligten Moleküle und regt sie zu Drehungen und inneren Schwingungen an. «Stellt man sich die Moleküle als Kügelchen vor, die an elastischen Federn miteinander zusammenhängen, beginnen bei Erhöhung der Temperatur sämtliche Kügelchen stärker an ihren Federn zu rütteln», erklärt Detlev Proch. «Schliesslich reissen die schwächsten Federn und die frei werdenden Kügelchen können mit anderen Partnern reagieren und neue Verbindungen eingehen.»

Weniger gross ist der Energieaufwand bei der Verwendung von Lasern. Er wird dann nicht mehr auf das gesamte System verteilt, sondern genau gezielt nur auf die Moleküle eingestrahlt, die für die gewünschte Reaktion gebraucht werden. Der Laser aktiviert also – um im Bild zu bleiben – nur bestimmte Kügelchen und lässt alle anderen unverändert. Weil man dabei die Stärke des Lasers genau dosieren kann, lassen sich damit auch verschiedene Schwingungszustände untersuchen. «Mit der gezielten Molekülanregung durch Laser können wir zum ersten Mal nicht nur den Ablauf chemischer Reaktionen in allen Schritten verfolgen, sondern auch so steuern, dass zum Beispiel die Entstehung umweltgefährdender Schmutzprodukte unterdrückt wird oder aber neue Verbindungen hergestellt werden, die mit herkömmlichen Methoden nicht zu erzeugen waren», so Karl-Ludwig Kompa. Dass die Laserchemie das «akademische Stadium» bereits überwunden hat, erklärt Dr. Kompa mit dem Hinweis auf die jetzt schon im Labor mögliche Produktion chemischer Verbindungen. Es bestehen also wissenschaftlich begründete Hoffnungen, dass Laser einige ganz handfeste chemische Prozesse verbessern werden.

MPG

Beeinträchtigung von Niederschlägen durch Trockenkühltürme

Antwort auf eine Zuschrift

In einer Zuschrift «Trockenkühltürme: Segen oder Fluch?» (Heft 50, 1976) hat H. Wüger Bedenken geäussert, durch den Betrieb mehrerer Trockenkühltürme grosser Leistung könnte die Niederschlagsmenge beeinträchtigt werden und dadurch die Wasserkraftwerke und die Landwirtschaft zu Schaden kommen. Weiter wird der Wunsch geäussert, dass das Problem bald einmal von wissenschaftlicher Seite aufgegriffen werde. Als Leiter der wissenschaftlichen Arbeiten, die am Eidg. Institut für Reaktorforschung (EIR) in Würenlingen seit 1971 auf diesem Gebiet geleistet werden, fühle ich mich verpflichtet und berufen, die aufgeworfenen Fragen zu beantworten.

Ein mit Öl, Kohle oder Kernbrennstoff betriebenes Kraftwerk, das 1000 MW (1000 Millionen Watt) elektrische Leistung abgibt, liefert rund die doppelte Leistung in Form von niedertemperaturiger Abwärme. Die Kernkraftwerke Gösgen, Kaiseraugst und Leibstadt gehören beispielsweise in die erwähnte Leistungsklasse. Würde man nun die produzierte Abwärme eines solchen Kraftwerkes mit Hilfe von Trockenkühltürmen an die Atmosphäre abgeben, würde je

Stunde etwa 0,24 km³ um 24 °C aufgewärmte Luft das Kühlsystem verlassen und infolge ihres thermischen Auftriebes, je nach den herrschenden atmosphärischen Verhältnissen, auf etwa 300 bis 1200 m Höhe aufsteigen.

Da die Luft in Bodennähe angesaugt und im Kühlturm lediglich aufgeheizt wird, bleibt ihr absoluter Feuchtigkeitsgehalt (Gramm Wasserdampf je kg Luft) unverändert. Die relative Feuchte hingegen, die das Verhältnis von herrschendem Dampfdruck zum temperaturabhängigen Sättigungsdampfdruck angibt, ist am Luftaustritt des Kühlturmes wesentlich niedriger als an dessen Eintritt. Der oben erwähnte Kühlturm würde zum Beispiel Luft einer Temperatur von 10 °C und relativen Feuchte von 80 % auf 34 °C relativer Feuchte aufheizen. In der Folge steigt nun der Schwaden wie ein Heissluftballon auf und kühlt sich dabei durch Expansion und Beimischung von Umgebungsluft sehr rasch ab. Computer-Simulationen zeigen, dass sich die Temperatur eines solchen Schwadens nach rund zwei Dritteln der Aufstiegshöhe bis auf etwa 0,5 °C der dort herrschenden Umgebungstemperatur angeglichen hat.