

Der Laser im Bauwesen

Autor(en): **Dettmers, D.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **88 (1970)**

Heft 13: **Sonderheft Baumaschinen und -geräte**

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-84459>

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.

Das Durchfahren von Störzonen

Wie bereits erwähnt, wurde nach 139 m Bohrarbeit eine Störzone angefahren, welche die Einstellung des Bohrbetriebes erforderte, weil aus dem anstehenden Fels ausbrechende Gesteinsbrocken am Bohrkopf Schäden verursachten.

Störzonen können je nach der Beschaffenheit des gestörten Felsens verschiedenartig überwunden werden. Man kann versuchen, die Zone mit stark vermindertem Andruck zu durchbohren; ein Verfahren, das anwendbar ist, sofern das gebohrte Profil einigermaßen standhält und sofern der notwendige Anpressdruck der Verspannvorrichtung und auch der Rückfallsicherung durch den Fels noch aufgenommen werden kann. Zerfällt jedoch das gebohrte Profil oder ist ein Bohren überhaupt unmöglich, so muss die Störzone mit normalem Vortrieb überbrückt werden. Um den nötigen Arbeitsraum vor der Maschine zu schaffen, muss dieselbe um einige Meter zurückgefahren werden. Hiernach wird die Strecke mit Sprengstoff oder Abbaumer ausgebrochen, wobei je nach Felsbeschaffenheit Einbaubögen, Liner-plates oder eine einfache Gunithaut zur Felsicherung dienen können. Es muss dabei jedoch darauf geachtet werden, dass sich die Maschine später in dieser Zone verspannen kann, wobei der Druck der Spannplatten auch auf die Einbauten belastend wirkt. Da die Spann-

platten begrenzt ausfahrbar sind, muss ein allfälliges Überprofil durch Beton oder Gunit bis zum Sollprofil aufgetragen werden.

Für das Durchfahren der knapp 4 m langen Störzone wurden zwölf Arbeitstage benötigt. Ein Aufwand, der nicht erstaunt, wenn man bedenkt, dass sämtliches benötigtes Werkzeug und Material über die Maschine und durch ein Mannloch im Bohrkopf nach vorne transportiert werden musste. Die Abfuhr des Ausbruchs hatte durch das gleiche, gegen die Schachtsohle gedrehte Mannloch zu erfolgen. Dieses mühsame Vorgehen zur Überwindung von Störzonen kann aber durch zusätzliche geeignete Hilfseinrichtungen an der Maschine wesentlich erleichtert werden.

Schlussbemerkungen

Mit dem Durchfahren des Schrägschachtes «Corbes» der Emosson-Kraftwerke mittels einer Tunnelbohrmaschine ist ein beachtlicher technischer und auch sozialer Fortschritt aufgezeigt worden. Ein Fortschritt, der nur möglich wurde dank dem Unternehmungsgeist der Bauunternehmung der Erfahrung und Zuverlässigkeit des Maschinenerbauers und dank der Aufgeschlossenheit der Bauherrschaft und der Bauleitung.

Adresse des Verfassers: F. Aemmer, dipl. Ing., Motor-Columbus S. A., Rue du Léman, 1920 Martigny.

Der Laser im Bauwesen

Von Dr.-Ing. D. Dettmers, Bremen

A. Allgemeines

An dieser Stelle¹⁾ wurden bereits die physikalischen Grundlagen und Eigenschaften des Laser-Lichts beschrieben. Hier wird deshalb nur kurz auf seine entscheidenden Eigenschaften hingewiesen, aus denen sich auch die Anwendungen im Bauwesen ergeben:

- grosse Bündelungsschärfe
- Monochromasie und Kohärenz
- hohe Leistungsdichte.

Einige Beispiele zeigen ihren hohen Grad und die sich daraus ergebenden Möglichkeiten. Ein Strahl öffnet sich auf einer Strecke wie von Zürich nach New York so wenig, dass er am Ziel nur knapp eine Fensterfläche ausleuchten würde. Bei einem Versuch ergab sich auf dem Mond, also in 360000 km Entfernung, ein Lichtfleck mit einem Durchmesser von nur 1,8 km. Auf einem einzigen Laser-Strahl können 1000 Mio Ferngespräche gleichzeitig geführt oder mehrere 100 Fernsehkanäle untergebracht werden.

In den USA ist eine Laser-Methode entwickelt worden, mit der 44 Buchseiten auf einer stecknadelgrossen Fläche zu speichern sind. Auf vier Spulen mit je 720 m eines besonderen Kunststoff-Films liessen sich alle Texte der Kongressbibliothek in Washington unterbringen. Dazu wären auf dem bisher üblichen Magnetband 190000 Spulen erforderlich.

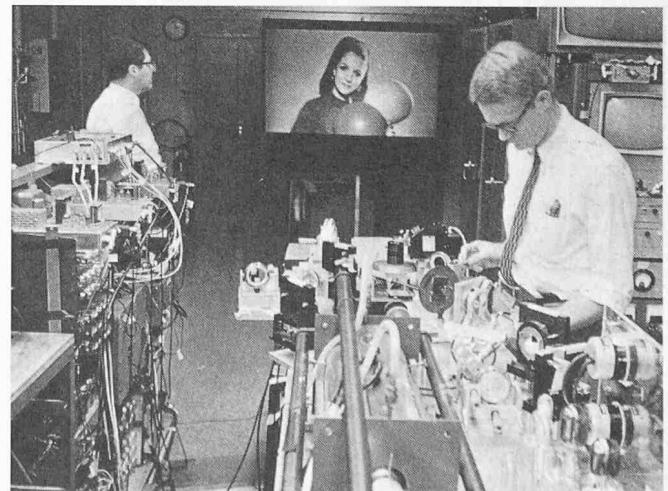
Die Holographie bietet hier weitere Möglichkeiten. Auf besonders für die Holographie gefertigten Photoschichten lassen sich theoretisch etwa 1 Mio bit/mm² Speicherfläche unterbringen. Eine etwa postkartengrosse Speicherplatte könnte also den Inhalt von mehreren tausend Magnetbändern eines Bandspeichers aufnehmen. Zurzeit erreicht man im Laboratorium 10000 bit/mm² (1 bit ist die kleinste Einheit digitaler Information; es entspricht z. B. einer Entscheidung zwischen den Aussagen «ja» und «nein» oder «eins» und «null»).

¹⁾ G. Guekos: Laser-Strahlung als Hilfsmittel zur Materialbearbeitung. SBZ 85 (1967), H. 41, S. 741-745.

Im Laboratorium werden bereits Versuche mit Laser-Farbfernsehen gemacht. Dieses besteht aus einem Krypton-Laser, der rotes Licht emittiert, und zwei Argon-Lasern, die im blauen und grünen Wellenbereich arbeiten. Die Firma Hitachi beabsichtigt, einen solchen Fernsehschirm von 3 × 4 m während der Weltausstellung 1970 in Japan in Betrieb zu setzen. Die Farben werden besonders klar und leuchtend sein, da die Laser einen sehr schmalen Spektralbereich besitzen (Bild 1).

Mit einem fokussierten Laser-Strahl lässt sich jedes Material der Erde verdampfen. Es gibt bereits einen Laser, der für die Dauer von 10 ps (10⁻¹¹ s) die 500fache Kapazität aller Kraftwerke in den USA entwickelt. Dauerte früher das Bohren von Diamanten für Ziehdüsen zum Herstellen von Feinstdrähten zwei Tage, so gelingt es dem Laser in zwei

Bild 1. Farbfernsehen mit Krypton- und Argon-Gaslasern. Der Bildhintergrund ist goldgelb, der vordere Ballon rot, der hintere blau, der Pullover grün (aus «Laser»)



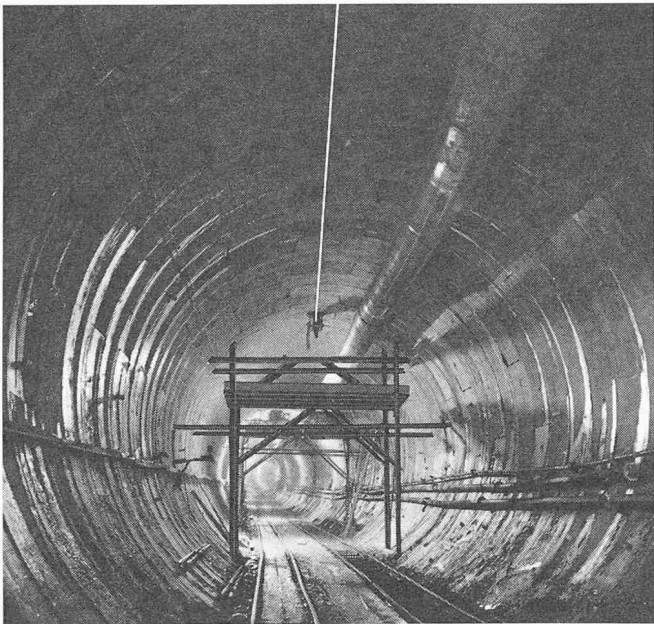
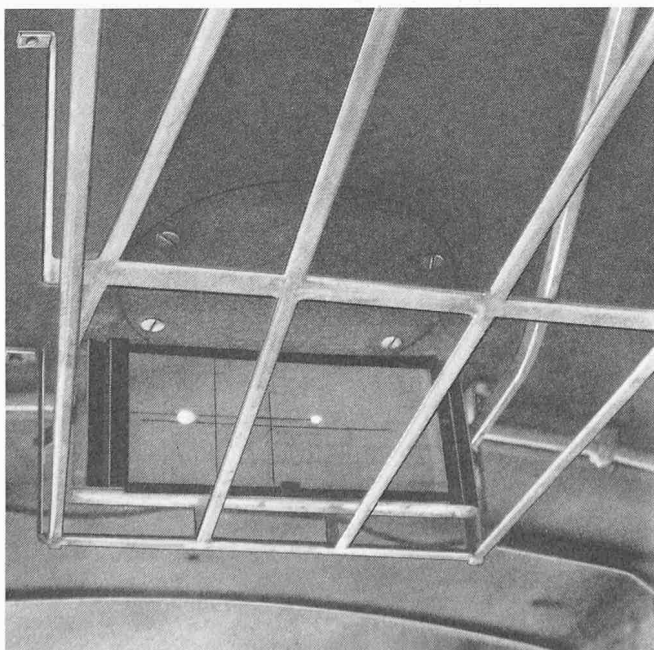


Bild 2. He-Ne-Laser erzeugt einen Leitstrahl für eine Vortriebsmaschine im Münchner U-Bahn-Tunnel

Minuten. In der Schweiz bohrt eine Laseranlage Lagersteine für die Uhrenindustrie mit der Frequenz 16, also 16 Bohrungen je Sekunde.

Besonders für die Computerindustrie ist die Mikrobearbeitung wie auch das berührunglose Schweißen mit Lasern interessant. In Drähte von 0,005 mm Durchmesser können Löcher von 0,001 mm gebohrt werden. Der unsichtbare Strahl des CO₂-Lasers lässt sich auf einen Durchmesser von 50 nm fokussieren, so dass Leistungsdichten von 10³ W/cm² erzielbar sind. Er eignet sich deshalb vorzüglich zum Schweißen und auch zum Bearbeiten der Materialien, die bei der Wellenlänge von 10600 nm stark absorbieren wie Glas, Quarzglas und die meisten Kunststoffe. Titan kann ebenso geschnitten werden wie Plexiglas und Kunststoffgewebe wie Trevira, Perlon und Dacron. Die Schnittkanten

Bild 3. Blick des Führers der Vortriebsmaschine auf die Zielscheibe für die Laser-Einrichtung Spectra-Physics/Bölkow. Der Strahlenweg ist zwischen dem Zielgerät und der Zielscheibe umgittert



werden während des Schnittes verschmolzen, sie fransen daher nicht aus.

Beim Holzsägen ist die Laserkante nicht rau wie bei Metallsägen, sondern wie feingeschmiegelt. Statt des Holzstaubes entsteht Rauch, der leicht abgesogen werden kann. Bei allen Stoffen ist der Materialverlust wegen der so ungewöhnlich schmalen Schnitte sehr gering.

In der Medizin wird bei Operationen der Laserstrahl als Messer verwendet. Der Strahl vermag nicht nur Zellen zu zerstören, sondern auch – bei geringer Intensität – ihr Wachstum anzuregen [1, 2]. Entsprechende Forschungen stehen noch am Beginn.

B. Der Laser im Bauwesen

1. Derzeitiger Stand

Seit 1966 wird der Laser im Tiefbau in der Bundesrepublik Deutschland verwendet. Es handelt sich bisher ohne Ausnahme um Helium-Neon-Dauerlicht-Laser (He-Ne-Laser) mit Ausgangsleistungen von etwa 1 bis 10 mW. Sie geben ein kräftiges kirschorotes Licht ab. Die Geräte wiegen etwa zwischen 4 und 8 kg. Sie können wie Nivellierinstrumente auf Dreibeine aufgesetzt werden und werden in wasserdichten und auch in schlagwettersicheren Gehäusen geliefert. Inzwischen entwickelten sie sich zu einem so robusten Gerät, wie es für Baustellen nötig ist. Gleichzeitig sank ihr Preis erheblich. Es gibt Geräte für das Bauwesen, deren Preis unter dem Monatslohn eines Bauarbeiters liegt.

Unter Tage führten sie sich verhältnismässig schnell als Leiteinrichtungen für Vortriebsmaschinen im Tunnel- und Stollenbau ein. Es stellte sich nämlich heraus, dass die Laser geeignet sind, den Teil der Ausfallzeiten der relativ teuren Vortriebsmaschinen merklich zu verringern, der durch Vermessungsarbeiten verursacht wird. Er erwies sich deshalb als wirtschaftlich. Bekannt wurde der 24,1 km lange Albstollen für die Wasserversorgung des Stuttgarter Raumes [3]. Ebenso fuhr 1967/68 eine Vortriebsmaschine den U-Bahn-Tunnel in München zwischen dem Rathaus und der Luitpoldstrasse auf, die durch einen Laser gesteuert wurde (Bild 2). Unter Tage wird bisher der runde, nicht verformte Strahl verwendet. Im Münchner U-Bahn-Stollen durchlief dieser Strahl eine Optik, die ihn in Höhe des Fahrers der Vortriebsmaschine in zwei Strahlen aufspaltete (Bild 3). Dadurch konnte eine Kontrolle der Lage der Maschine im Tunnel (Verdrehen, Verkanten) erreicht werden.

Dem Auffahren gekrümmter Tunnelstrecken dient ein System, in dem Schrittmachermotoren die Ablenkungsprismen steuern, die den Laserstrahl abwinkeln, Bild 4. Der Empfänger für den Strahl wird auf der Vortriebsmaschine in derselben Weise gesteuert. Zum Berechnen der Einstellwerte für die Ablenkwinkel liegt ein digitales Rechenprogramm vor [4].

Unter Tage gibt der Laser also nicht nur in der Geraden die Arbeitsrichtung. Zusätzliche Einrichtungen gestatten auch, das Verdrehen und Verkanten des Schildes bzw. der Vortriebsmaschine festzustellen und sogar Bögen auszufahren.

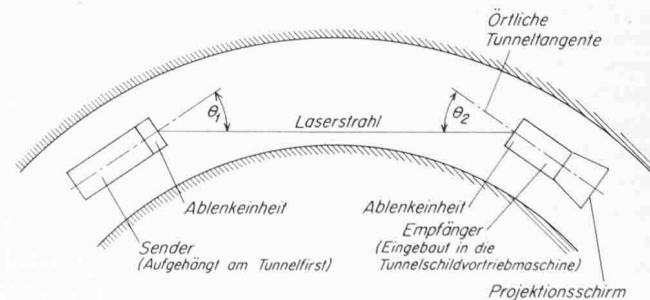


Bild 4. Einrichtung zum Auffahren von Bögen im Tunnelbau (schematisch, nach Bölkow)

Für das Kraftwerk Emosson im Mont Blanc-Massiv wurde zum Beispiel durch eine lasergesteuerte Vortriebsmaschine ein 1145 m langer Stollen \varnothing 2600 unter 65% Steigung im Granit aufgeföhren²⁾. Ein Stollen mit 85% Steigung ist im Bau. Unter diesen schwierigen Verhältnissen spielt die Verringerung der Vermessungsarbeiten durch den Lasereinsatz eine besondere Rolle [5].

Auch bei Rohrdurchpressungen, die in den letzten Jahren zunehmend im Tiefbau ausgeführt werden, bedient man sich des Laser-Leitstrahls.

Inzwischen hat er sich im Tunnel- und Stollenbau ebenso durchgesetzt wie in bestimmten Bereichen des Bergbaus, vor allem dort, wo maschinell gewonnen wird (Continuous Minor).

Das Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge/Mass., führt zurzeit Versuche durch mit dem Ziel, die Zahl der Risse im Gestein im Bereich der Ortsbrust durch Wärmebehandlung zu vermehren. Dadurch könnte nicht nur die Leistung der Vortriebsmaschinen erhöht werden, es wäre auch möglich, sie wirtschaftlich im Fels höherer Druckfestigkeiten einzusetzen. So klingt die wohl älteste Tunnelvortriebsmethode wieder an. Die Versuche wurden überwiegend mit Gas-Dauerlicht-Lasern hoher und höchster Ausgangsleistung durchgeführt. Sie ergaben grosse Festigkeitsverminderungen (30 bis 95%) und lassen so die Laserbestrahlung vielversprechend erscheinen [6]. Hier handelt es sich wohl um die erste Werkstoffbearbeitung mit Lasern im Tiefbau.

Über Tage setzte sich der Laser nicht so schnell durch, vor allem wohl deshalb, weil man mit den anfangs noch verhältnismässig teuren Geräten nur Löhne einsparen konnte. Der Strahl gab die Achse beim Rammen gerader Strecken (Bild 5) und beim Bau von Bühnen, Schwimmbagger und Hubinseln [7, 8] erhielten die Flucht und Bezugshöhe mit dem Laser-Strahl und -Fächer. Senkrecht gestellt dient der Strahl als Lot im Schornsteinbau und im Gleitschalungsbau von Hochhauskernen.

Die Wende im Übertage-Einsatz wird durch die Laserlicht-Empfangseinrichtung (LGE) markiert, die seit etwa 1 Jahr bekannt ist [9]. Bei ihrer ersten Anwendung diente sie dazu, einem Dränbagger die Arbeitstiefe bzw. Bezugshöhe zu geben (Bilder 6 und 7). Dazu fährt der Bagger in den mit einer Zylinderlinse aufgeföherten Laserstrahl. Die LGE tastet den Strahl ab. Empfangen die beiden inneren Fotozellen die gleiche Lichtintensität, so liegt das Arbeitsgerät in der richtigen Höhe. Ist die Intensität ungleich, so setzt die Nachlaufsteuerung ein: das Arbeitsgerät wird in die vorgesehene Höhenlage bewegt. Diese Einrichtung kann inzwischen auch bei Gradern eingebaut werden (Bild 8). Versuche bei Planiertraupen sind im Gange [10].

²⁾ Vgl. F. Aemmer: Einsatz einer Tunnelbohrmaschine in «Le Châtelard» beim Bau des Druckschachtes «Corbes» der Kraftwerkanlage Emosson, Seite 267 dieses Heftes.

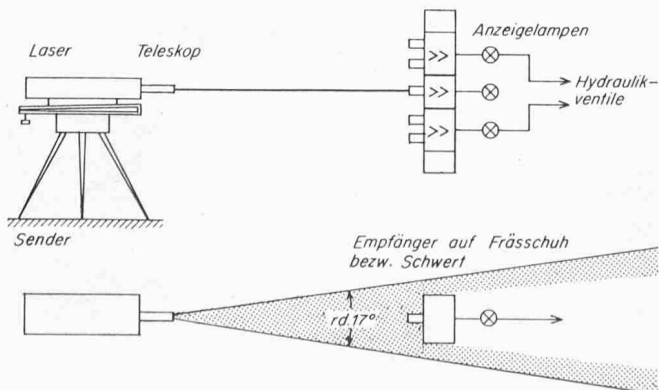


Bild 6. Automatische Steuerung eines Dränbaggers mit einem Laserfächer über eine Laserlicht-Empfangseinrichtung



Bild 5. Ausbau des Mittelland-Kanals für das 1350-t-(Europa-) Schiff. Der Boden wasserseitig der Spundwand muss noch gebaggert werden. Für derartig gerade Strecken wurde der Laserstrahl als Rammachse verwendet

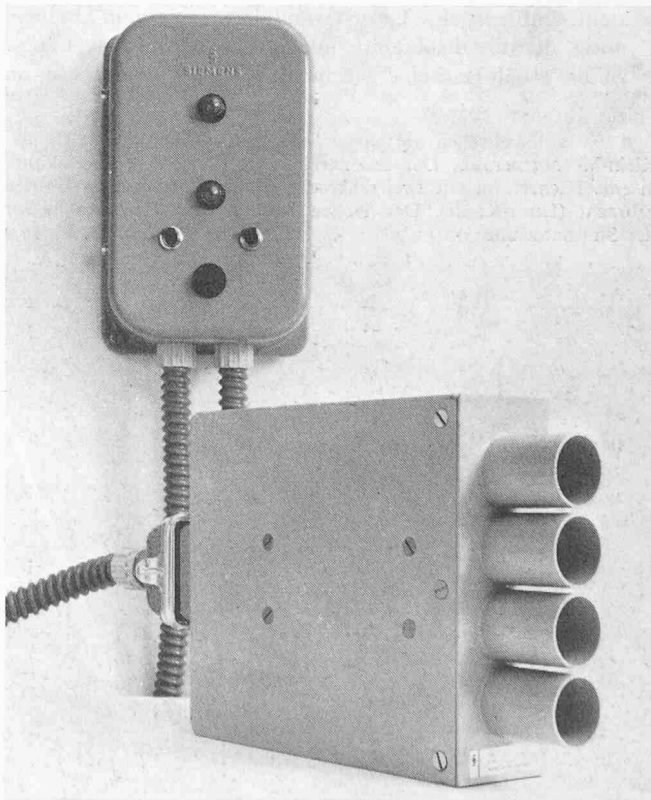
Die Reisezuggeschwindigkeiten im Eisenbahnverkehr erreichen bereits regelmässig 200 km/Std. Höhere Geschwindigkeiten werden angestrebt. Dieser Schnellverkehr verlangt, dass die geraden Gleisstrecken auch wirklich gerade sind. Um diese Bedingung erfüllen zu können, erhielt kürzlich die Plasser Nivellierstopf- und Richtmaschine eine Laserzusatz-einrichtung, Bild 9. Der Laser läuft etwa 250 bis 450 m vor dem Stopfautomaten (Bild 10). Sein Strahl wird in eine senkrechte Richt- und eine waagrechte Nivellierebene (Bild 11) gefächert. Es sind je vier Fotozellen senkrecht und waagrecht angeordnet.

2. Aussichten

a) Unter Tage

Die Vermessungsarbeiten bedingten bisher einen grossen Teil der Ausfallzeiten der teuren Vortriebsmaschinen. Der

Bild 7. Siemens-Laserlicht-Empfangseinrichtung (LGE)



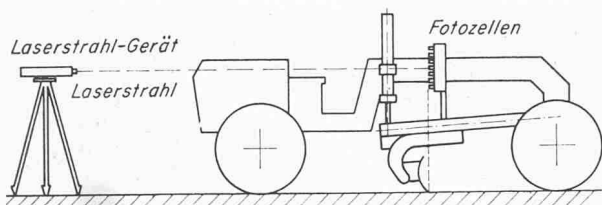


Bild 8. MBU-Grader mit Laserlicht-Empfangeinrichtung (LGE)

Laser bewies, dass durch seinen Einsatz diese Ausfallzeiten spürbar verringert werden. Die Zeit seiner Kinderkrankheiten ist vorüber. Es wird deshalb nicht überraschen, wenn der Laser zu einem festen Bauteil der Vortriebsmaschinen würde. Einfachere Einrichtungen zum Auffahren von Bögen scheint der Fächer oder die Punktgruppe zu erlauben.

b) Über Tage

Über Tage führte der Laser sich langsamer ein, weil er dort vor dem Erscheinen der LGE nur gestattete, Löhne einzusparen. Der Reiz, Zubehör zu kaufen, war deshalb gering. Der Laser wurde anfangs nur dort eingesetzt, wo er ohne Zubehör und ohne geschultes Personal vorteilhaft war (Grob-einsatz). Inzwischen wird jedoch bekannt, welche Vorteile er dann bietet, wenn er von geschultem Personal und mit Zubehör eingesetzt wird (Feineinsatz):

1. Der Laserfächer kann waagrecht eingerichtet, aber auch senkrecht gestellt werden. Beim Rammen gibt der Laser dann nicht nur die Flucht, sondern auch die Senkrechte zum Stellen der Bohlen. Was sich beim Zusammenbau von Grossteilen im Flugzeug- und Schiffbau bewährt hat, wird auch im Stahlbau und Stahlbetonfertigbau und beim Aufstellen von Grossschalungen möglich sein: vertikales und horizontales Fluchten grosser Teile.
2. Der Laserfächer kann diejenige Längs- und Querneigung erhalten, die ein Planum bekommen soll. Da der Laser ständig strahlt, kann jederzeit an jeder Stelle vom Fächer die Höhe abgenommen werden (Strassenplanum, Böschungen, Graben- und Baugrubensohlen usw.), ohne dass getafelt werden muss oder jemand am Nivellierinstrument steht. Dafür ist eine Laser-Grundplatte auf einem Dreibein nötig, die mit Justiereinrichtungen das gewünschte Längsgefälle erhält und eine Mechanik für die Zylinderlinse, an

Bild 10. Hilfsvorwagen mit einem Siemens-Laser und einem Honda-Klein-Motorgenerator. Der Laserstrahl wird durch eine Spezialoptik in eine Fächerform mit zwei senkrecht zueinander stehenden Ebenen gebracht (Laser-Kreuz). Der Wagen läuft etwa 450 bis 650 m vor der Stopfmaschine (Werkbild Plasser)

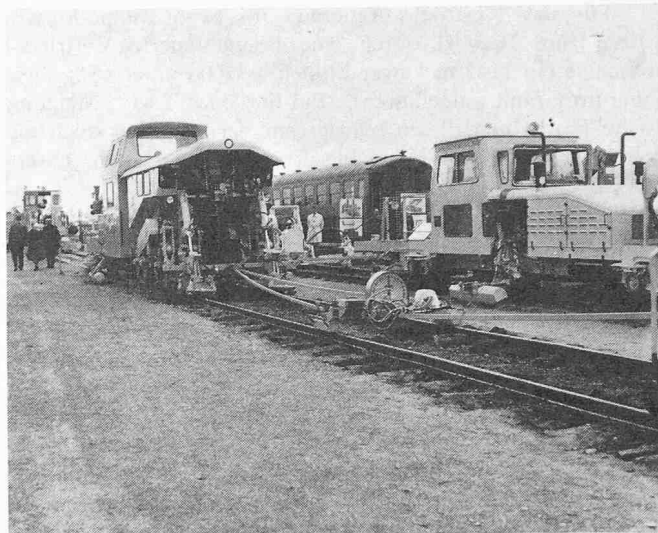
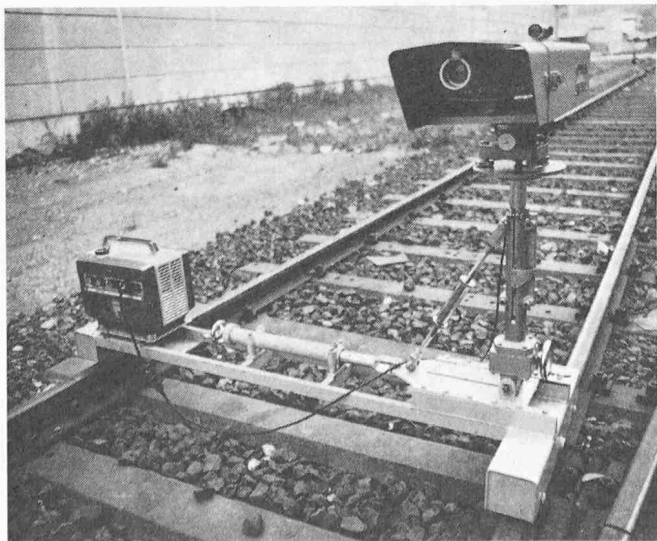
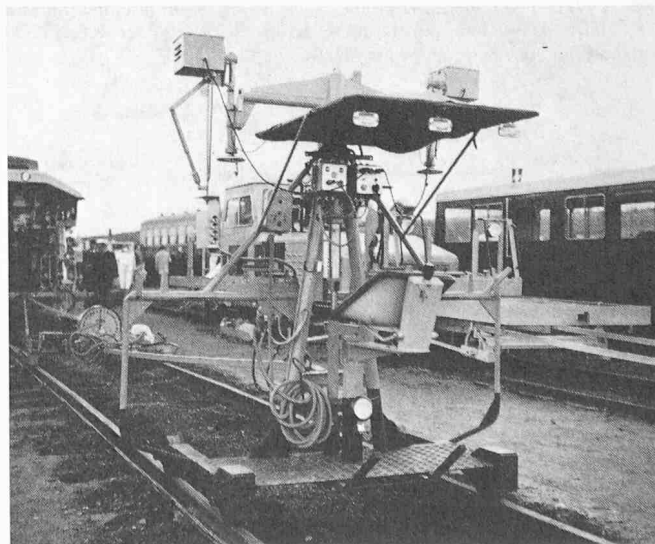


Bild 9. Plasser-Nivellierstopf- und Richtmaschine mit vorderem Richtspannwagen und Vorwagen (rechter Bildrand)

der der Fächer senkrecht und waagrecht sowie in den üblichen Böschungsneigungen (Quergefälle) 1:1, 1:1,5, 1:2, 1:3 usw. einzustellen ist. Mit einem besonderen Dreibein (Bild 12) lässt sich der Laser auch zum Verlegen von Rohren verwenden.

3. Die ersten Prototypen von Steueranlagen sind jetzt erschienen. Sie regeln die Arbeitshöhe für eine Reihe von Erdbaumaschinen automatisch nach dem Laserfächer; mehrere Fächer lassen sich zu einer grösseren Laserfläche zusammensetzen. In ihrem Bereich braucht sich der Fahrer eines automatisch gesteuerten Graders nicht mehr um die Höhen zu kümmern, vgl. Bild 13. Er wird dadurch entlastet. Höhere Leistungen und Qualität des Planums erscheinen möglich.
4. Es gibt Strassenfertiger, deren Arbeitshöhe bisher ebenso wie bei Gradern durch einen seitlich vom Gerät gespannten, dünnen Stahl- oder Perlondraht automatisch gesteuert wird. Der Draht könnte durch einen Laserfächer ersetzt werden, der dem Stahldraht entsprechend abgetastet wird. Es wäre dann sogar möglich, die Automatik in Kurven zu verwenden.

Bild 11. Auf dem Vorwagen (Bildvordergrund) befindet sich die senkrecht angeordnete LGE für den waagerechten Nivellierfächer, auf dem vorderen Richtwagen die waagerechte LGE für den senkrechten Richtfächer (Bildhintergrund) (Werkbild Plasser)



Die Arbeitsbreite und damit das Gewicht der Einbauzüge nehmen beim Bau von Strassendecken ständig zu. Es arbeitet bereits ein Zug im norddeutschen Autobahnbau, der die Stand- und die beiden Fahrspuren in einer Breite von rund 15 m in einem Stück herstellt (Bild 14). Die einzelnen Geräte eines solchen Zuges haben sehr verschiedene Gewichte und Radlasten, die unterschiedliche Durchbiegungen der Schienen verursachen können. Die geforderten Ebenheitstoleranzen für die Fahrbahnoberfläche müssen dennoch eingehalten werden. Das lässt sich dann erreichen, wenn die Durchbiegungen durch eine Nivellierautomatik angesteuert werden, wofür sich der Laserstrahl oder -fächer anbieten.

5. Bisher wurde die Verwendung von Laser-Entfernungsmessgeräten im Bauwesen der Bundesrepublik Deutschland nicht bekannt. Sie sind jedoch als baustellenreif zu betrachten (Bilder 15 und 16). In unwegsamen, schwer zugänglichen Gebieten würden sie Vermessungsarbeiten erleichtern und beschleunigen. Hersteller geben die Reichweite mit 40 bis 60 km an. Die Genauigkeit beträgt dabei 1 bis 2⁰/₁₀₀. Der Küsten- und Landvermessungsdienst des US-Handelsministeriums erreichte jedoch Entfernungen von über 100 km. Zurzeit bemüht sich sein Technisches Entwicklungslaboratorium in Rockville/Md., die Genauigkeit von 8 mm bei 50 km auf 1 mm zu verbessern. Dabei wird ein Laser-Geodimeter mit einer Ausgangsleistung von nur 1,2 mW verwendet [11].

Ganz allgemein würde der Feineinsatz gefördert werden, wenn die Industrie sich dem Bedarf der Praxis in einigen Punkten anpassen würde, die vielleicht nebensächlich zu sein scheinen:

1. Es gibt zahlreiche Laser-Einsätze, bei denen der Laser längere Zeit unverändert an einem Platz stehen bleiben könnte, wenn nicht die Gefahr eines Diebstahls und jene von Witterungseinflüssen bestünde. Der Praktiker wünscht sich also einen verschliessbaren, stabilen, wasserdichten Gerätekasten, der an Fundamente, Spundwände usw. angeschweisst oder angeschraubt werden kann. In ihm müsste der Laser-Strahl justiert werden können und das Gerät erschütterungsfrei stehen.
2. Der Laser kann nicht immer an die öffentliche Stromversorgung angeschlossen werden. Für diesen Fall sollte entweder ein Kleinaggregat oder Batterie-/Akku-Betrieb für den Laser empfohlen werden (vgl. Bild 10) oder es sollten Geräte entwickelt werden, deren Laserröhre nicht auf die schwankenden Belastungen des Aggregats für die gesamte Baustelle reagiert.

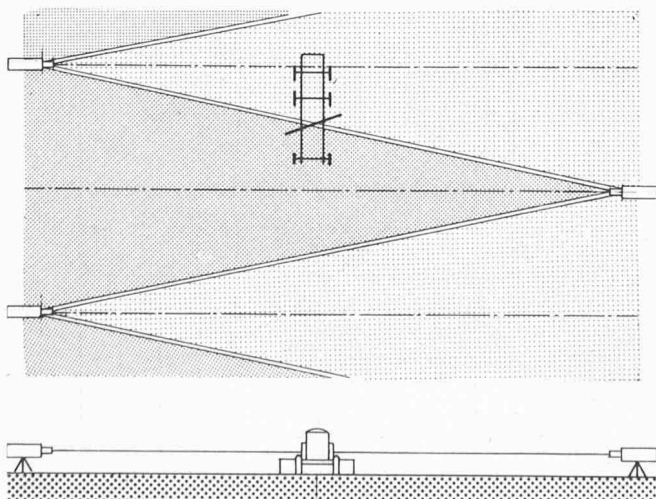


Bild 13. Laserfläche aus mehreren Laserfächern

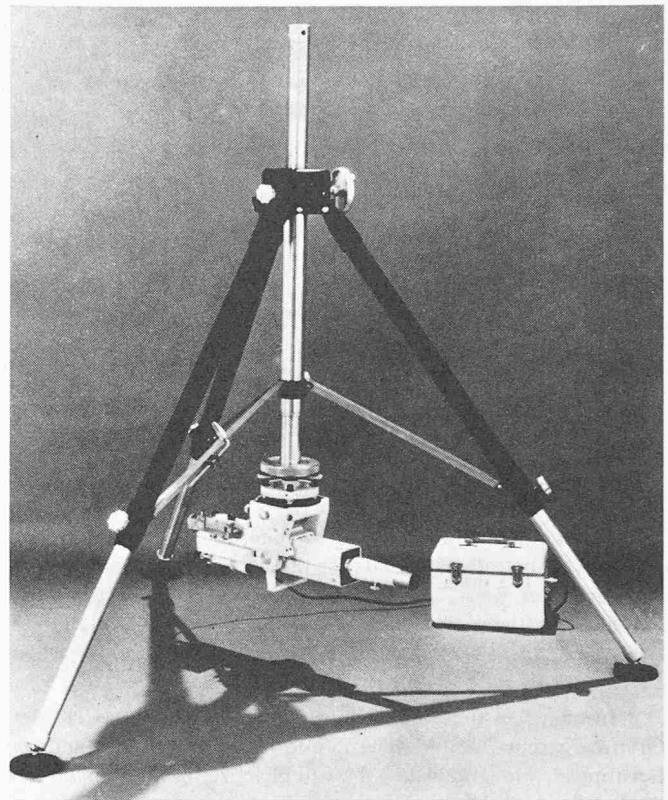


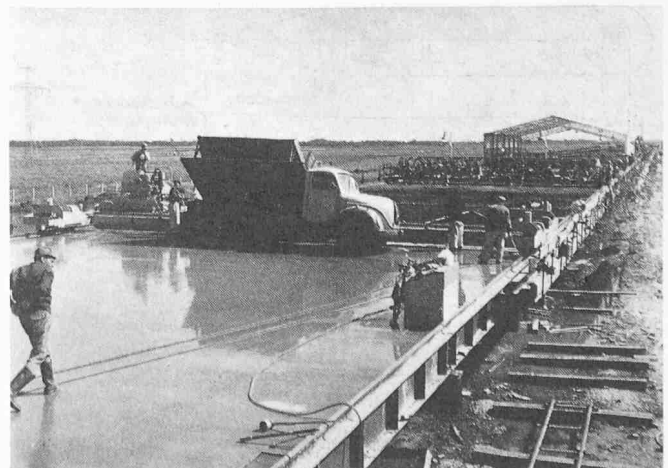
Bild 12. Spezialeinrichtung zum Verlegen von Rohrleitungen in Leitungsräumen (Spectra-Physics)

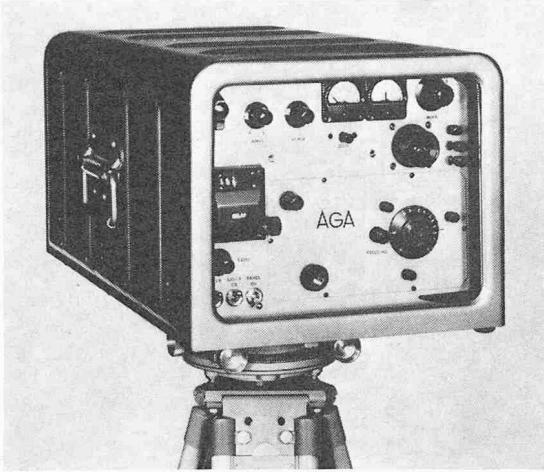
Bei der Anwendung der Laser-Geräte über Tage hat der Feineinsatz begonnen. Es ist zu erwarten, dass die schnell wachsende Zahl der Laser über Tage die Industrie anregen wird, das Zubehör zu schaffen, das dafür nötig ist und das sie für den Tunnelbau recht schnell zur Verfügung stellt.

C. Gefahren des Laser-Strahls

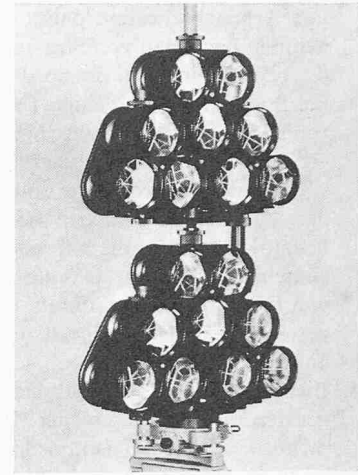
Die vorstehenden Beispiele mögen zeigen, welche ein grosser Personenkreis mit dem Laser-Strahl in Berührung kommen wird. Jeder Laser-Strahl besitzt eine ungewöhnliche Energie-Konzentration und eine bisher sonst unerreichte Fokussierbarkeit (Bild 17). Das Licht bestimmter Laser, zu denen auch der He-Ne-Laser gehört, passiert die Augen fast ohne Energie zu verlieren. Das optische System des Auges fokussiert dabei den Strahl auf die Netzhaut, die in seinem Brennpunkt liegt. Seine gesamte Energie wirkt auf einen Fleck, der einen Durchmesser von nur 10 bis 20 μ m haben kann.

Bild 14. Einbauzug mit einer Einbaubreite von 15 m (ABG)





Links:
Bild 15. AGA-Geodimeter mit einem He-De-Dauerlicht-Laser; Ausgangsleistung 5 mW
(Werkphoto AGA, Schweden)



Rechts:
Bild 16. AGA-Tripelspiegel. Das Messsignal im Laserstrahl (Modulation) wird am Ende der Messstrecke reflektiert und läuft zum Geodimeter zurück. Ein Rechner ermittelt sofort aus der Laufzeit die Entfernung

Dadurch können Intensitäten entstehen, die die Netzhaut zerstören. Die betreffende Stelle ist dann blind. Die Gefahr gilt auch für den Bau-Laser. Die neuesten Ergebnisse der Forschung bestätigen das ebenso sehr für 1- bis 2-mW-He-Ne-Laser [12, 13, 14] wie die Unfälle selbst [15]. Sie werden allerdings nur selten veröffentlicht [16, 17].

In den USA begannen die Untersuchungen nach der Grenze zwischen der «sicheren» und nach der «gefährdenden» Leistungsdichte (Intensität) nahezu gleichzeitig mit dem ersten Laser-Strahl [18]. Die Frage nach dem Schwellenwert ist jedoch heute noch nicht endgültig beantwortet. Es ist bekannt, dass stärkere Laserstrahlen Körperzellen zerstören können [19]. Die Untersuchung der stimulierenden Wirkung schwächerer Strahlen steht aber noch am Beginn [1, 2, 20]. Weil also noch vieles ungeklärt ist, vor allem aber wegen des besonderen Wertes der Sehkraft, und weil die Augen der einzelnen Menschen sehr verschieden empfindlich gegen die Laserstrahlen sind, ist ein hoher Sicherheitsfaktor erforderlich. So ergeben sich für He-Ne-Laser die in Tabelle 1 zusammengestellten Schwellenwerte von Instituten, deren Angaben besonderer Wert beizumessen ist. Diese Schwellenwerte überschreitet jeder auf Baustellen verwendete Laser. Das zeigen auch die Untersuchungen am Strahl eines 1,2-mW-Lasers, der zum Entfernungsmessen verwendet wird, Bild 18 [11]. Hautschäden sind durch Bau-Laser nach den bisherigen Forschungsergebnissen nicht zu erwarten.

Diese Gesamtlage zwingt dazu, die auf dem Bau Tätigen vor den Gefahren des Lasers zu schützen und ihnen die Gefahren darzustellen.

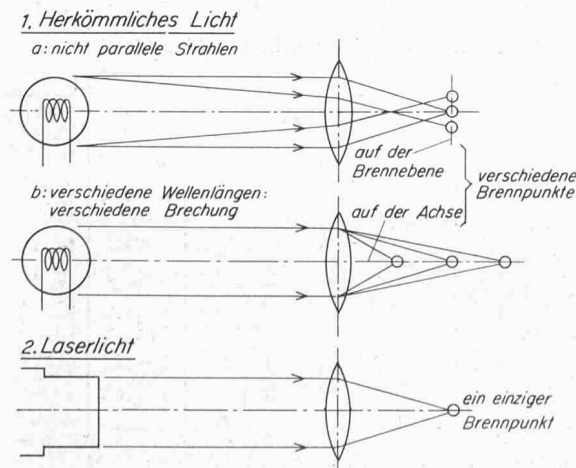


Bild 17. Strahlenverlauf beim Durchgang durch eine Sammellinse

D. Laserschutz

Die Laser-Schutzbrille (Bild 23) ist ein unmittelbarer Schutz des Auges, da sie die Laser-Strahlen nicht zum Auge durchdringen lässt [28]. Das Filterglas BG 18 ergibt jedoch ein grünliches, etwas verdunkeltes Gesichtsfeld. Auf den Baustellen werden sich deshalb statt der Brille vor allem technische Massnahmen empfehlen:

1. Unter Tage empfiehlt es sich, im allgemeinen dafür zu sorgen, dass niemand in den Strahl gerät. Das kann häufig mit verhältnismässig einfachen Mitteln erreicht werden [29]. Der Strahl sollte möglichst so verlaufen, dass niemand in den Strahl geraten kann. Das Gerät sollte so fest aufgehängt werden, dass der Strahl bei Erschütterungen nicht abirrt. Ausserdem sollte er durch eine Rohrblende gesichert werden. Durchläuft der Strahl Arbeits- und Verkehrsbereiche, sollte er umwehrt sein. Eine Klappe ist ein einfaches Mittel, den Strahl zu unterbrechen. Der Fahrer

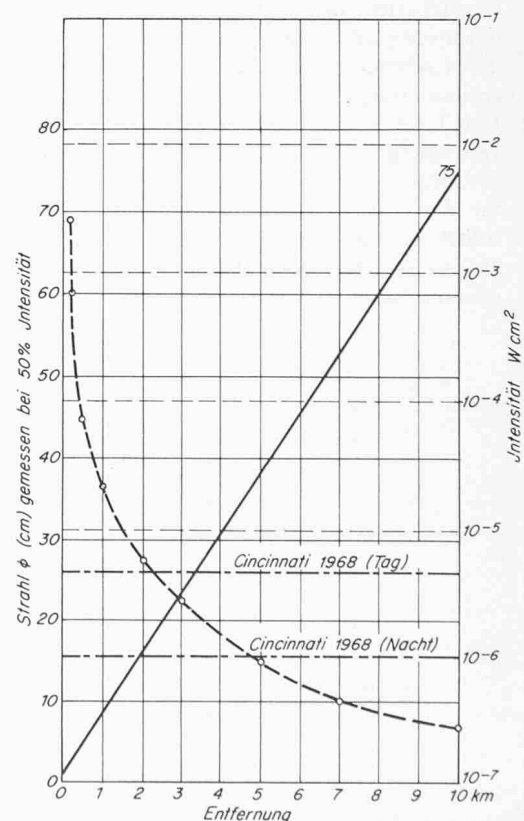


Bild 18. Ergebnisse der Messungen im Laserstrahl eines Geodimeters; Ausgangsleistung 1,2 mW

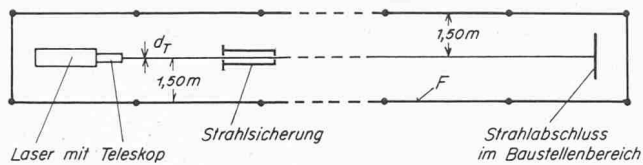


Bild 19. Teleskopierter Strahl mit Strahlsicherung und Strahlabschluss. F = Flutterleine

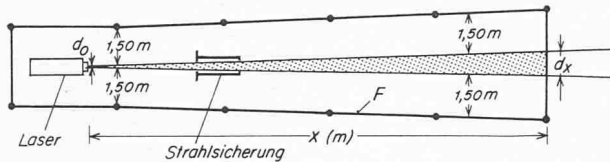


Bild 20. Nichtteleskopierter Strahl d_0 , der sich im Baustellenbereich soweit öffnet, dass die erforderliche Grenzentfernung x erreicht wird

der Vortriebsmaschine sollte möglichst das Gerät ein- und ausschalten können. Über Tage ist durch ein besonderes Laser-Warnschild mit der Angabe über den Standort des Gerätes auf die Laser-Einrichtung aufmerksam zu machen. Die Summe der Massnahmen muss einen lückenlosen Schutz aller im Laser-Bereich Tätigen ergeben.

2. Über Tage sind die gleichen Massnahmen zu treffen. Zum Hochlegen des Strahls eignet sich das Laserplane-System,

Tabelle 1. Maximal zulässige Belichtung der Hornhaut nach verschiedenen Institutionen. $\lambda = 0,4$ bis $1,4 \mu\text{m}$ bei Helligkeit (Tag)

Institution	Jahr	Lit.	Lasertypen		Dauerlicht		Labor
			Riesenimpuls J/cm ²	Impuls J/cm ²	allgemein W/cm ²	im Freien W/cm ²	
Cincinnati Konferenzen	1968	[21]	$5 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-6}$	—	—
	1969	[22]	unverändert	unverändert	unverändert	—	—
The Am. Conf. of Governm. Industr. Hygienist	1968	[23]	$5 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-6}$	—	$2 \cdot 10^{-5}$
	1969	[24]	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$	—	—
US Army (vorläufig)	1967	[25]	$5 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-6}$	—	—
US Army und Navy (Vorschrift)	24.2. 1969	[26]	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$
Brit. Ministerium für Technology	Okt. 1969	[27]	—	—	$4 \cdot 10^{-7}$	—	—
(Rubin $0,69 \mu\text{m}$)			$3 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$	—	—
(Neodym $1,06 \mu\text{m}$)			$2 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-7}$	—	—

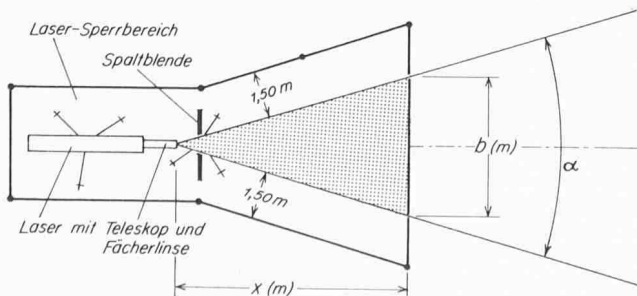


Bild 22. Teleskopierter, aufgefächerter Strahl, der bereits nahe am Gerät die erforderliche Grenzentfernung x erreicht

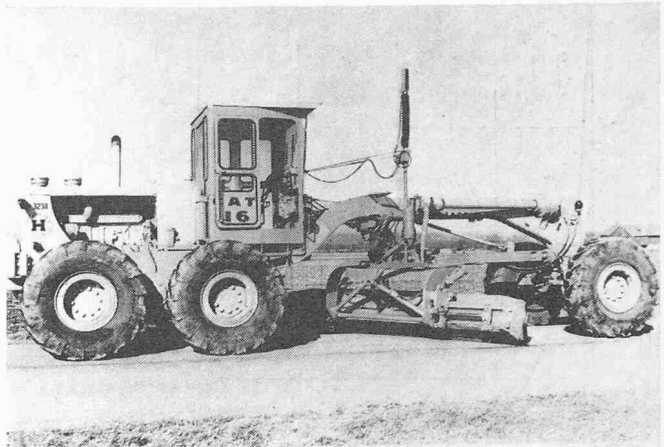
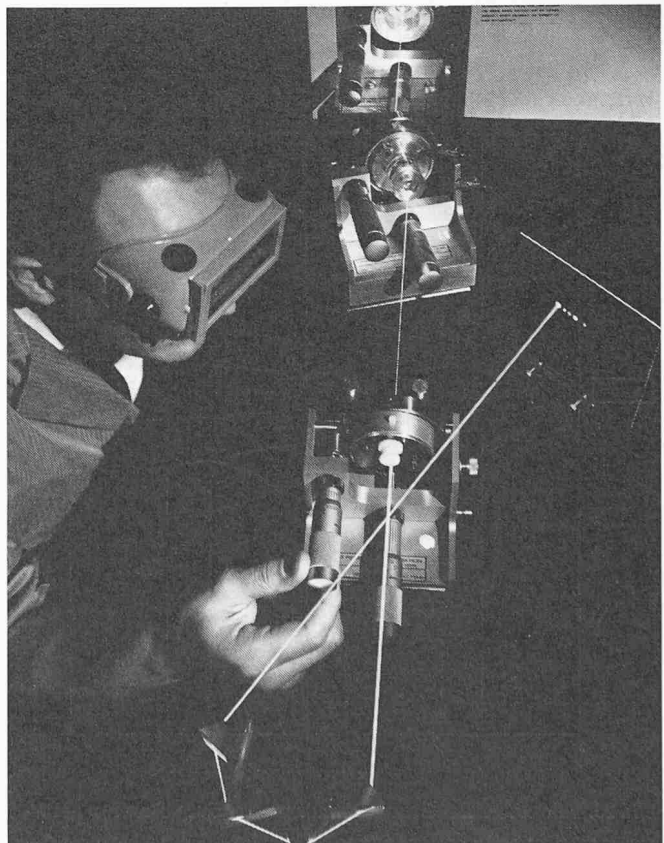


Bild 21. Ein Grader mit der Laser-Empfangeinrichtung auf dem Mast (Laser-Plane-Werkphoto)

dessen Laser senkrecht im Stativ steht und mit einer Zahnstange hochgedreht werden kann. Der Strahl wird durch ein rotierendes Prisma in eine waagrechte Ebene umgelenkt. Er bewirkt so den Eindruck eines Laser-Leuchtturmes. Die Empfangseinrichtung befindet sich ebenfalls erhöht an der Baumaschine, Bild 21.

Wird eines der üblichen Laser-Geräte verwendet, ist der Laser-Bereich mit Flutterleinen usw. abzusperren (Bild 19). Er reicht in Strahlrichtung bis zu der Stelle, an der entweder ein Abschlusschirm den Strahl auffängt oder wo seine Leistungsdichte bis auf einen ausreichenden Schwellenwert (erforderliche Grenzentfernung) abgesunken ist (Bild 20). Auch über Tage ist der Strahl gegen Abirren zu sichern. Als günstigste Lösung bietet sich der Laser-Fächer an, der schon aus

Bild 23. Ein amerikanischer Forscher mit Schutzbrille bei einem Laser-Versuch (Werkphoto American Optical Deutschland)



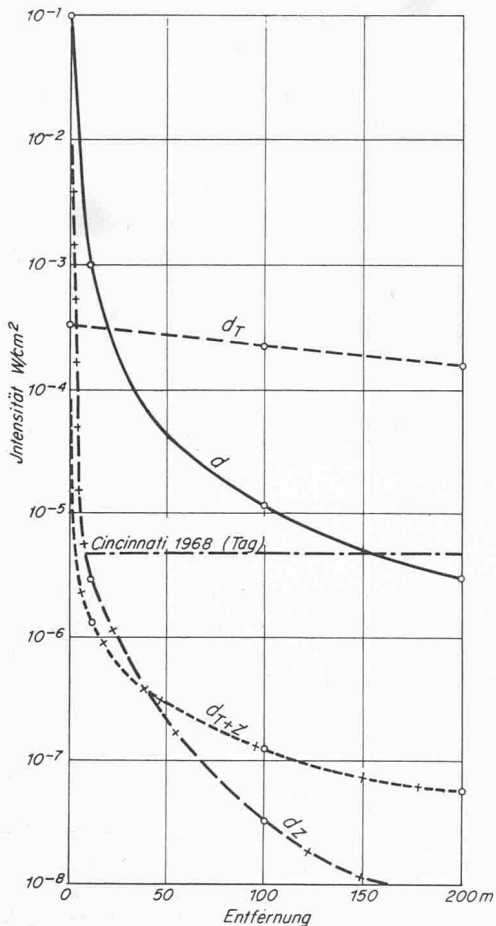


Bild 24. Wirkung des Teleskopierens und Auf-fächerns auf die Intensität eines Laserstrahls bei 1 mW Ausgangsleistung. d optisch unbeeinflusster Strahl \varnothing 1 mm, d_T teleskopierter Strahl, d_Z mit einer Zylinderlinse aufgefächert Strahl

technischen Gründen für das LGE nötig ist. Das Auffächern kann die Leistungsdichte bereits nahe am Laser auf den Schwellenwert herabmindern (Bilder 22 und 24). Hier entsprechen sich also in erfreulicher Weise technische Notwendigkeit und sicherheitstechnische Erfordernisse, Bild 25.

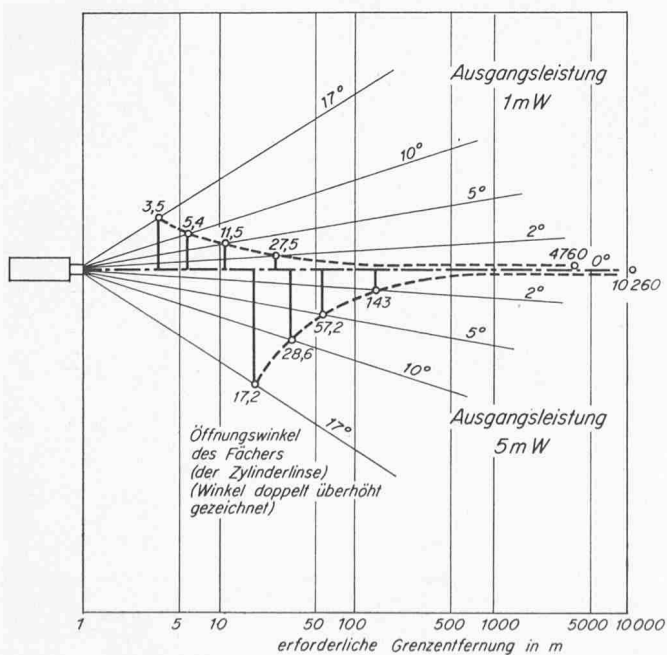


Bild 25. Erforderliche Grenzentfernungen für aufgefächerte 1-mW- und 5-mW-He-Ne-Dauerlichtlaser

Das Auffächern «verdünnt» die Leuchtkraft des Strahls. Ist er gebündelt normalerweise bereits kaum zu sehen, aufgefächert ist er unsichtbar. Der Strahl muss daher mit einem Suchgerät gefunden werden können (Detector). Trifft der Fächer auf die Photozellen an der Messplatte, so heult ein kleines Gerät in der Tasche des Messgehilfen. Durch Hin- und Herschieben findet man den lautesten Ton und damit die Strahlmitte.

Auch über Tage müssen die Massnahmen zum Schutz aller lückenlos sein. Grundsätzlich sind diejenigen augenärztlich zu überwachen, die im Laser-Bereich arbeiten müssen, zum Beispiel um den Laser einzufuchten, um die Blenden zu korrigieren usw. Sie sollten vor Beginn und nach Abschluss dieser Beschäftigung, sowie mindestens jährlich, augenärztlich kontrolliert werden [30].

Für jede Laser-Anlage sollte ein Laser-Verantwortlicher bestimmt werden, der für den sicheren Betrieb und für die notwendigen Schutzmassnahmen zu sorgen hat. Er muss so eingehend über die Laser-Strahlung unterrichtet sein, dass er diese Massnahmen veranlassen und prüfen kann. Dazu gehört zum Beispiel auch das Suchen der Möglichkeit von spiegelnden Reflektionen und ihre Beseitigung.

Auf den Baustellen kommt auch Personal mit dem Laser in Berührung, das nicht wie in den Laboratorien fachlich vorgebildet ist. Dem Baufachmann sind die Gefahren des Lasers fremd. Das Personal jeder Baustelle sollte deshalb vor einem Laser-Einsatz auf diese Gefahren hingewiesen werden.

Adresse des Verfassers: Dr.-Ing. Dode Dettmers, Tiefbau-Berufsgenossenschaft, D-2800 Bremen 17, Robert-Bosch-Strasse 9.

Literaturverzeichnis

- [1] Mester, E. et al.: Die Wirkung der über längere Zeit wiederholt verabreichten Laserstrahlung geringer Intensität auf die Haut und inneren Organe von Mäusen. «Radiobiologia – Radiotherapia», Bd. 10, Heft 3, Seite 371 ff.
- [2] Mester, E. et al.: Über die Summation fraktioniert verabreichter Laserstrahlung. «Radiobiologia – Radiotherapia», Bd. 10, Heft 3, Seite 379 ff.
- [3] Suppelt, H.J.: Die zweite Trinkwasserleitung der Bodensee-Wasserversorgung im Bau. «Die Tiefbau-Berufsgenossenschaft», Heft 11, 1967.
- [4] Laser-Tunnel-Vermessungseinrichtung. Herausgeber: Messerschmitt-Bölkow GmbH.
- [5] Murer, A.: Das Auffahren eines Schrägschachtes von 65% Steigung im Granit mit einer Tunnelbohrmaschine. Stollen- und Streckenvortrieb mit Wirth-Tunnelbohrmaschinen in allen Formationen bis zu extrem hartem Gestein. 1969.
- [6] Moavenzadeh, F., Williamson, R.B. und McGarry, F.J.: Laser Assisted Rock Fracture. MIT (Massachusetts Institut of Technology) Report R 67-3, Januar 1967.
- [7] Tunnel Parana-Santa Fé, Argentinien. «Hochtief-Nachrichten» 42. Jg., Juni 1969.
- [8] Self-elevating platform PG 410 at work at Argentina. «Ports and Dredging» No. 64 (1969).
- [9] Knauer, R. und Thorn, J.: Optisch-elektrische Laserlicht-Empfangseinrichtung für Steueraufgaben. «Siemens-Bauteile-Informationen» 7 (1969), H. 2, S. 50 bis 53.
- [10] Romacker, B.: Planieren mit Laserlicht. «baumagazin» 3/69, S. 13.
- [11] Sliney, H. und Cohen, P.E.: Laser Hazards Spezial Study No. 42-50-68/69. Laser Geodimeter. US Army Environmental Hygiene Agency, Edgewood Arsenal MD 21010.
- [12] Ham, W.T., Clarke, A.M., Geereats, W.J. et al.: Biological Applications and Effects of Optical Masers. Report Number 1968-6 US Army. Medical Research and Development Command. Washington, D.C. 24 April 1969.
- [13] Clarke, A.M., Geereats, W.J. und Ham, W.T.: An Equilibrium Thermal Model for Retinal Injury from Optical Sources. «Applied Optics» Vol. 8, No. 5, May 1969.
- [14] Clarke, A.M. et al.: Laser Effects on the Eye. «Archives of Environmental Health» Vol. 18, March 1969.
- [15] Armstrong, C.E.: Intense Radiations and Ocular Exposure Hazards. «National Safety News», Oct. 1969.

- [16] Fankhauser, F. und Lotmar, W.: Gefahren von Strahleneinwirkungen auf das Auge, insbesondere durch Laserstrahlung. «Zeitschrift für angewandte Physik», Bd. 20, H. 6, 1966.
- [17] Florian, H.J. und Hartmann, K.H.: Der Laser-Strahl in der Technik – eine neue Arbeitsschutzaufgabe für den Werksarzt. «Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Arbeitshygiene», Bd. 16, S. 109 bis 122.
- [18] Proceedings of the First Annual Conference on Biological Effects of Laser Radiation. Federation Proceedings, Vol. 24, No. 1, Part III, Suppl. No. 14, Jan/Febr. 1965.
- [19] Sperling: Laser Eye Effects. Armed Forces-NRC Committee on Vision, April 1968.
- [20] Lotmar, W.: Behandlung der Netzhautablösung mit Laserstrahlung. «Laser» Nr. 4/1969, S. 61 ff.
- [21] Wilkening, G.M.: Eye Protection. International Laser Safety Conference, Cincinnati 1968 (Manuskript).
- [22] Wilkening, G.M.: Eye Workshop. Second International Laser Safety Conference, Cincinnati 1969 (Manuskript).
- [23] A Guide for Uniform Industrial Hygiene Codes or Regulations for Laser Installations. Issued by The American Conference of Governmental Industrial Hygienists. «Laser Focus», Oct. 1968.
- [24] 1969 Threshold Limit Values for Lasers. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. «National Safety News», Oct. 1969.
- [25] Control of Hazards to Health from Laser Radiation, Tentative. US Army Environmental Hygiene Agency, Edgewood Arsenal, Revised March 1967.
- [26] Control of Hazards to Health from Laser Radiation. TB MED, 279, NAVMED P-5052-35. Departments of the Army and the Navy, 24 Febr. 1969.
- [27] Laser Systems-Code of Practice. Issued by Chief Safety Officer, Ministry of Technology (brit.), Oct. 1969.
- [28] Straub, H.W.: Protection of the Human Eye from Laser Radiation. TR-1153. Harry Diamond Laboratories, Army Material Command, July 1963.
- [29] Dettmers, D.: Neues vom Laserschutz. «Die Tiefbau-Berufsgenossenschaft», H. 8/1969.
- [30] Dettmers, D.: Gefahr Laser-Licht. «Die Tiefbau-Berufsgenossenschaft», H. 3, 4, 5/1968. Sonderdruck 2. Aufl. mit dem «Merkblatt Laser-Strahlen», Januar 1969.

Neuzeitliche Produktionsanlagen für Kies, Beton und Strassenbausteine

Von Rolf Blättler, Bern

DK 622.35:552.62

Einleitung

Der ständig zunehmende Bedarf an Kies und die angespannte Marktlage machen es unumgänglich, dass dieser Rohstoff unter weitestgehender Beachtung wirtschaftlicher Gesichtspunkte gewonnen, aufbereitet und transportiert wird. Kies ist ein Massengut; daher spielen auch die Transportkosten eine ausschlaggebende Rolle. Die Forderung nach Wirtschaftlichkeit führt zwangsweise zum Grossabbau und zu den modernsten Aufbereitungsanlagen. Diese müssen zudem möglichst nahe an den Verbraucherzentren liegen.

Das neu erstellte Kieswerk der *Bendicht Kästli & Söhne AG* in Rubigen ist ein eindrückliches Beispiel dieser Entwicklungstendenz.

Die in Rubigen abzubauenen, grossen Kiesvorkommen weisen Schichtstärken zwischen 12 und 25 m auf. Das Material

wird geologisch unter die Münsinger-Schotter eingereiht und ist qualitativ einwandfrei. Der auszuwaschende Siltgehalt beträgt rund 3 bis 6%.

Die Kieswerkanlagen

Diese günstige Ausgangslage erlaubte eine grosszügige Planung, die in Zusammenarbeit mit den Firmen Robert Aebi AG, Baumaschinen, Zürich, und H.P. Freihofer & Co., Ingenieurbüro, Zürich, erfolgte. Bei der Projektierung mussten insbesondere die nachfolgend aufgeführten Bedingungen erfüllt werden:

- Produktionsleistung des ganzen Werkes rd. 1200 bis 1600 m³/Tag
- Rationelle Aufbereitung zur Begegnung der Personalknappheit und des scharfen Wettbewerbes

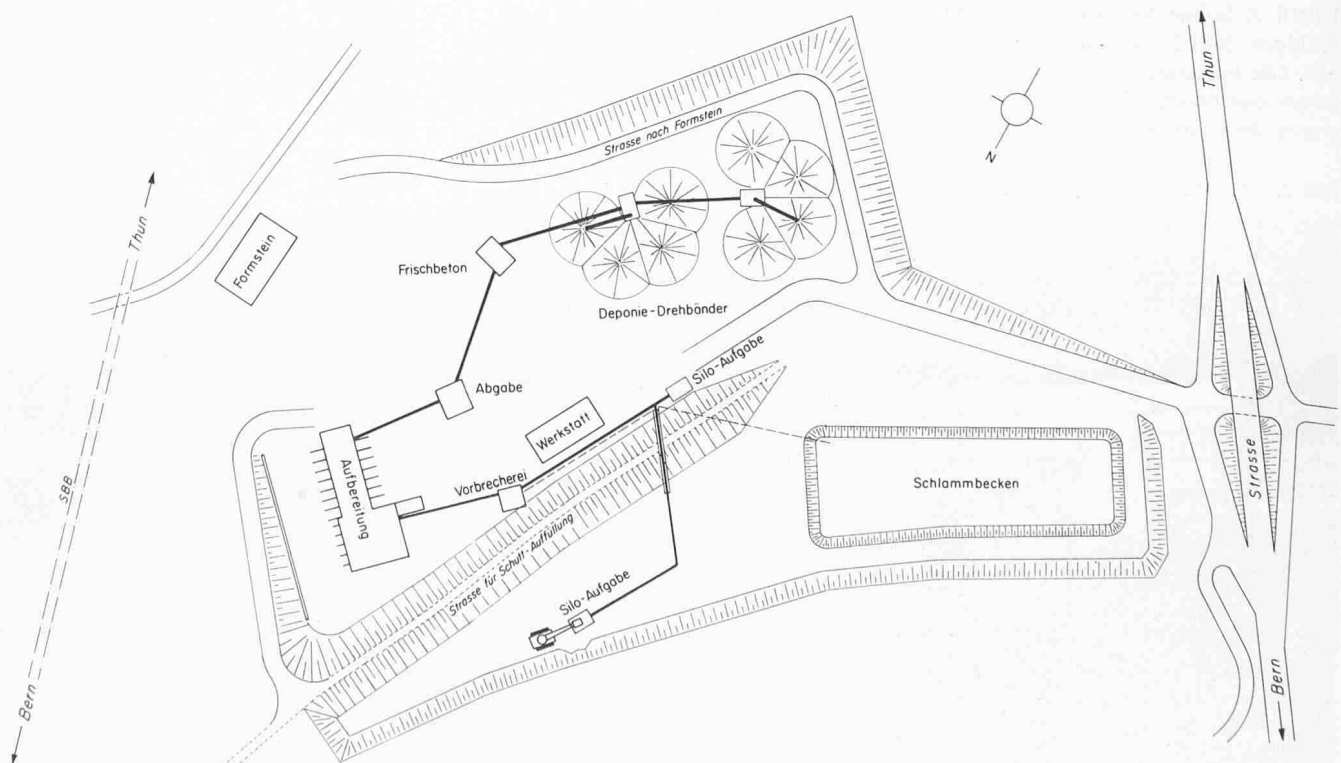


Bild 1. Lageplan der Anlagen der Bendicht Kästli & Söhne AG, Kieswerk Rubigen, Frischbeton AG und Formstein AG