



Veilig werken met lasers

J.G. Siekman

Sinds de realisering van de eerste laser in 1960 treft men dit instrument in toenemende mate aan in productiehallen als bijvoorbeeld boor-, snij-, lasgereedschap naast de conventionele werktuigen.

De moderne laserbewerkingssystemen worden zo veilig mogelijk voor mens en omgeving geconstrueerd. Toch vindt er zeer sporadisch een ongeluk plaats, veelal door menselijke onachtzaamheid, soms ook door een falende beveiliging.

Recent statisch onderzoek leert, dat ruim tweederde van alle ongelukken met lasers oogletsel tot gevolg heeft. Deze, maar ook de andere ongelukken hadden bijna alle voorkomen kunnen worden door alle mogelijkheden van risico vooraf zorgvuldig te overwegen.

Inleiding

Lasers [1] vindt men in de werkplaats, gebruikt als *meetinstrument* (voorbeelden het nauwkeurig en contactloos bepalen van positie, snelheid, oppervlakteruwheid) en als *werktuig* (voorbeelden lassen, boren van kleine gaten, trimmen van allerhand typen weerstanden)

Aan de meeste meetlasers zijn door hun lage vermogen geen gevaren verbonden. Met de bewerkingslaser moeten we echter zorgvuldig omgaan in verband met hun vaak beduidend hogere vermogen. Veelal zijn de laatste in een complex (productie)systeem opgenomen. Een dergelijk systeem is zó ontworpen – dient dit althans te zijn – dat de laser nooit een gevaar zal opleveren voor mens en milieu rond dat systeem.

Kortgeleden echter was een onbevredigde nieuwsgierigheid de oorzaak van een bijna-ongeluk: iemand wist via een tandartsenspiegeltje tot de bundel door te dringen. Gelukkig viel er slechts een fractie van het laservermogen gedurende een zeer korte tijd in zijn oog, zodat hij 'met de schik vrijkwam'.

Na deze gebeurtenis lijkt het nuttig om nogmaals een aantal opmerkingen te

maken over het veilig werken met lasers en lasersystemen.

Laserstraling en het oog

Omdat ons oog voor laserstraling veel gevoeliger/kwetsbaarder is dan onze huid, beschouwen we in het volgende alleen de effecten van deze straling op het oog.

Wellicht ten overvloede tonen we in figuur 1, schematisch, een oogdoorsnede. In figuur 2 geven we de transmissiekromme voor een oog: als functie van de golflengte zetten we verticaal uit het deel van het op de pupil vallende licht, dat daadwerkelijk het netvlies bereikt

Wat wij het 'zichtbare licht' noemen is de elektromagnetische straling met golflengte binnen het interval van globaal 0,4 tot 0,8 μm . Deze straling is in staat de in het netvlies aanwezige detectoren (kegeltjes en staafjes) te activeren. Voor dit golflengtegebied is het oog een zéér gevoelig waarnemingsinstrument. Om een indruk te geven: alle lichtenergie, die we gedurende ons gehele leven gebruiken om te kijken, is nauwelijks voldoende om 1 cm^3 water 1 graad te verwarmen; zie kader 1.

Het licht, dat tot het netvlies doordringt en daarin wordt geabsorbeerd, zal door de werking van de ooglens op een klein brandvlekkje worden gefocuseerd. In een ongunstig geval kan zo de vermogensdichtheid daar tot een factor 10^6 groter zijn dan ter plaatse van de pupil. Een brandgaatje in het netvlies kan het resultaat zijn.

Kader 1

R.W. Pohl rekent ons in zijn bekende en fraaie leerboek "Optik und Atomphysik" voor, dat 'nachtzien' nog mogelijk is bij een minimale lichtstroom door onze pupil van $3 \cdot 10^{-17}$ Watt. Dit komt overeen met ongeveer 100 lichtquanta per seconde.

Nu is de lichtstroom door onze pupil gedurende de dag gemiddeld een factor 10^7 hoger dus circa $3 \cdot 10^{-10}$ Watt.

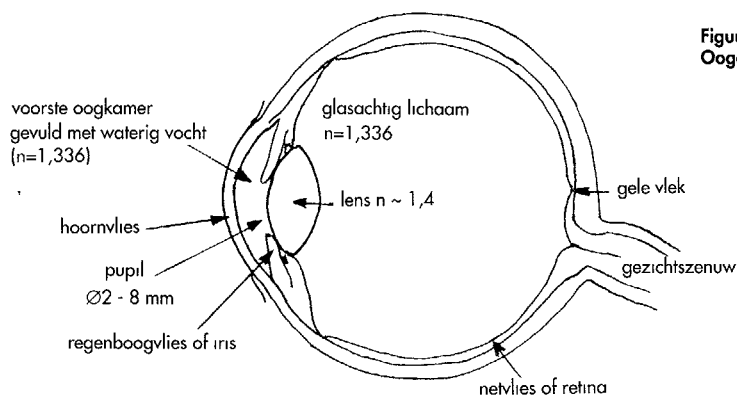
Het 'kijkleven' van een mens is ongeveer $2,5 \cdot 10^9$ sec (78 jaar, 16 uur per dag). Zo komen we tot een totale kijkenergie, die gedurende een heel mensenleven de pupil binnenstroomt van $(3 \cdot 10^{-10} \text{ Watt}) \times (2,5 \cdot 10^9 \text{ sec}) = 0,75 \text{ J} = 0,18 \text{ cal}$.

Straling met een golflengte korter dan 0,3 μm dan wel langer dan 3 μm wordt in het hoornvlies geabsorbeerd met als mogelijk gevolg oppervlakteverbranding.

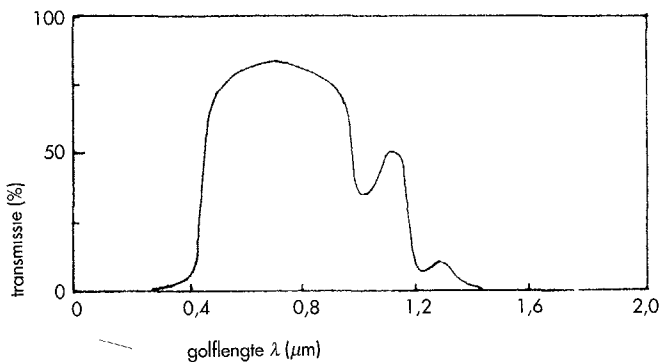
In de overgangsgebieden (globaal van 0,3 tot 0,4 μm en van 0,8 tot 3 μm) dringt de straling wel verder door in het oog en kunnen bij te hoge intensiteiten nare defecten optreden, zoals lenstroebling (staar). Zie ook de literatuur [2, 3 en 4].

Wat maakt de laser zo bijzonder?

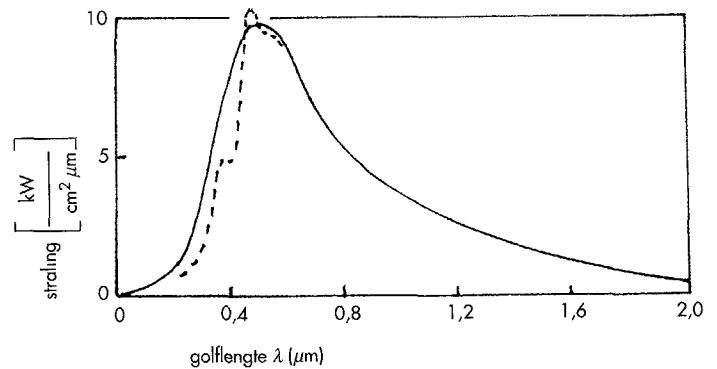
Reeds kort na de eerste publikaties in 1960 over de robijnlaser en de HeNe-



Figuur 1.
Oogdoorsnede.



Figuur 2. Transmissiekromme voor het oog.



Figuur 3. Emissiespectrum van een zwarte straler op 6200°C. Dit spectrum wordt benaderd door het zonnenspectrum - - - - -.

laser verschenen er populair-wetenschappelijke artikelen, waarvan ik mij enkele titels herinner. 'De Zon Overtroefd' en 'Heisser als tausend Sonnen'. Er werd dus vergeleken met onze belangrijkste stralingsbron.

Het zonlicht

De door de zon uitgezonden straling benadert die van een gloeiende bol (eigenlijk 'zwarte straler') op zo'n 6200°C. We hebben dan te maken met een breed, continu spectrum, zie figuur 3, met een maximum intensiteit bij 0,48 μm . Het licht wordt uitgezonden in alle richtingen. Op onze breedte op zee-niveau ontvangen we op een wolkloze middag gemiddeld $\sim 1 \text{ mW/mm}^2$ van de zon.

Als de pupil zich op zo'n heldere dag heeft vernauwd tot de minimale door-

sne van 2 mm, stroomt er $\sim 3,2 \text{ mW}$ vermogen ons oog binnen als we 'recht in de zon kijken'.

De zonnescijf zien we onder een hoek van $1/108 \text{ rad}$. De geometrische afstand lens tot netvlies is $\sim 22 \text{ mm}$, gecorrigeerd voor de brekingsindex $n=1,336$ van het glasachtig lichaam wordt deze $\sim 17 \text{ mm}$. De projectie van de zonnescijf op het netvlies is dus een beeldvlekje met een diameter $\sim 1/108 \cdot 17 \text{ mm} = 0,16 \text{ mm}$.

Zou bij het naar-de-zon-kijken al het op de pupil vallende zonlicht ook werkelijk het netvlies bereiken, dan zou men in het beeldvlekje daar een vermogensdichtheid vinden van $(2 \text{ mm}/0,16 \text{ mm})^2 \times 1 \text{ mW/mm}^2 = 160 \text{ mW/mm}^2$. Wij schatten dat de gemiddelde transmissie ongeveer 50% is, zodat op het beeldvlekje de heersende vermogens-

dichtheid $\sim 80 \text{ mW/mm}^2$ zal zijn. Uit ervaring weten wij, dat recht-in-de-zon-kijken onaangenaam is. Gebeurt dit bij toeval, dan sluiten we in een reflexbeweging de ogen. De reflextijd wordt gewoonlijk op 0,1 sec gesteld, zodat er dan plaatselijk ongeveer 8 mJ/mm^2 aan energiedichtheid wordt overgedragen. Dit veroorzaakt wel de bekende nabeelden, maar nog lang geen blijvend oogletsel.

Het laserlicht

Geheel anders dan de zon in een werkende laser een bron die een nauwe (bijna evenwijdige) lichtbundel uitzendt. Het uitgezonden licht is monochromatisch (vrijwel één golflengte) en coherent (de lichtgolven in de bundel zijn onderling 'in fase').

We beschouwen nu een 'onschuldige' HeNe-laser, die een maximum vermogen van 1 mW continu kan uitzenden. De golflengte is 632,8 nm. In de laatste Laser Focus Buyers Guide vind ik zo'n meetlaser met bundeldoorsnede 0,7 mm vlak voor de laserkop en een bundeldivergentie $2\theta=1 \text{ mrad}$. Op 1,3 m afstand voor de laserkop is de bundeldiameter juist 2 mm, en dus kan het volle laser vermogen van 1 mW een op helder daglicht geadapteerd oog binnenvallen en door de lens worden gefocussieerd op het netvlies. Het brandvlekje daar heeft een diameter van $\sim 10 \mu\text{m}$, zie kader 2. Daar de transmissie voor de onderhavige golflengte $\sim 85\%$ is, levert dit alles op het netvlies plaatselijk een vermogensdichtheid van circa 10.800 mW/mm^2 .

Tabel 1 geeft een samenvatting van de bovengenoemde getallen.

Dus, hoewel het vermogen dat de pupil binnentreedt, in het geval van de zon hier ongeveer driemaal hoger is dan bij

Kader 2

Geval a: van links valt een vlakke monochromatische golf (golflengte λ) van uniforme intensiteit op een dunne lens (diameter D , brandpuntsafstand f). Deze lens zal het licht focussieren tot een brandvlekje met diameter $d_A = 2,44 (f\lambda)/D$. Airy berekende deze diameter voor een optisch systeem vrij van alle aberraties en alleen beperkt door buigingsverschijnselen (vandaar 'diffraction-limited').

Geval b: centraal op de lens valt een laserbundel met een intensiteitsverdeling volgens Gauss: $I(r) = I(0) \cdot \exp(-2(r/R)^2)$; hierin is $I(0)$ = intensiteit op de as van de bundel en r = afstand tot die as. Bij een lensdoorsnede $D \geq 2R$ krijgen we dan ten opzichte van geval a een brandvlekje met een iets kleinere diameter $d_G = 1,72 (f\lambda)/D$.

Voor $D=2\text{mm}$, $\lambda=632,8 \text{ nm}$ en $f=17 \text{ mm}$ berekenen we $d_A \sim 13 \mu\text{m}$ en $d_G \sim 10 \mu\text{m}$.

Veilig werken met lasers

Tabel 1

Lichtbron	De pupil binnen-tredend vermogen	Berekende vermogensdichtheid op het netvliesbrandvlekje
zon	3,2 mW	80 mW/mm ²
HeNe-laser	1,0 mW	10.800 mW/mm ²

de laser, blijkt toch de vermogensdichtheid plaatselijk op het netvlies ruim twee ordes groter bij onze laser dan bij zonnestraling.

Analyse van risico's verbonden aan het gebruik van lasersystemen

Door de coherentie van het laserlicht kunnen plaatselijk hoge vermogensdichtheden ontstaan door interferentieverschijnselen, bijvoorbeeld bij reflectie of verstrooiing. Ook niet-lineaire interacties en andere optische effecten kunnen voor onaangename effecten zorgen.

Door de nauwheid van de laserbundel kan ook op grote afstand van deze bijzondere lichtbron nog plaatselijk een hoge vermogensdichtheid optreden. Het is dus zaak alle mogelijke risico's tijdig en goed te analyseren.

Bij moderne laser-produktiemachines of lasermeetsystemen heeft de gerenommeerde leverancier naar beste weten en kunnen de veiligheid van operateur en mogelijke omstanders gewaarborgd.

In geval van enige storing zal de betrokken operateur echter geneigd zijn zelf het euvel op te sporen en te verhelpen. Dan is een zorgvuldige analyse van het systeem noodzakelijk om mogelijke ongelukken te voorkomen.

Ditzelfde geldt uiteraard in sterkere mate, wanneer men zelf een systeem samenstelt uit een gekochte laser en losse mechanische en elektrische onderdelen.

De analyse moet niet alleen betrekking hebben op de laserstraling zelf, maar ook op andere mogelijke bronnen van ongelukken. Hiervan noemen we slechts twee voorbeelden: de - soms hoge - elektrische spanningen, en de giftige dampen die kunnen vrijkomen bij het snijden van een aantal kunststoffen.

Om u te helpen bij die analyse geven wij hier een 'check-list', een opsomming van mogelijke risicobronnen, vergezeld van enig commentaar.

- **Gebruiksaanwijzing**
- In vrijwel alle gevallen zal de leverancier van een lasersysteem een gebruiksaanwijzing bijleveren. Lees deze zeer zorgvuldig!
- **Elektrische spanningsbronnen en -geleiders**
Hiervoor gelden de regels die voor iedere elektrische installatie gelden. Flitslampen vragen vaak spanningen van enkele kV, gasontladingslasers soms spanningen van enige tientallen kV. Zijn alle toevoerdraden goed geïsoleerd en soldeerpunten van verbindingpunten adequaat afgeschermd? Om bijvoorbeeld de gasontlading van een CO₂-laser in toom te houden wordt een ballastweerstand in de keten opgenomen. In het verleden zijn ballastwestanden wel eens zo heet geworden dat zij brand veroorzaakten.
- **Röntgenstraling**
Deze kan mogelijk zijn - is afkomstig van de hoogspanningsvoeding - en dient afgeschermd te worden
- **Ozon**
Dit kan gevormd worden bij sproeien van geleiders op hoogspanning.
- **UV-straling**
Deze kan eveneens gegenereerd worden door het sproeien van geleiders op hoogspanning. (Bedenk: Ozon kan men ruiken, UV-straling kan met niet zien).
- **Flitslampen**
Deze kunnen exploderen; zorg dus voor adequate afscherming van de omgeving.
- **Spoelgassen**
Kunnen deze in het bijzonder bij hoogvermogenlasers of laserprocessen gebruikte gassen, brandbaar of giftig zijn?
- **Koelvloeistoffen**
Vloeibare stikstof is 77K (-196°C), dus niet aankomen! Vele kunststoffen worden bros en zeer breekbaar bij deze lage temperatuur.
- **Vaste stoffen**
Bij bewerkingen als boren, snijden, lassen, solderen, oppervlakteharding, etc., kunnen dampen ontstaan die
 - de gezondheid schaden (prikkeling van ogen, van longen, giftig, cancerogeen.....),
 - met de omringende lucht een brandbaar of zelfs explosief mengsel vormen,
 - chemisch actief zijn en machineonderdelen aantasten.
- **Mechanische onderdelen**
Snelbewegende delen, zoals draaiende spiegels, choppers, etc., kun-

nen losraken of breken. Worden de wegslingerende delen met voldoende zekerheid binnen hun behuizing gehouden?

- Falende apparatuur

In een groot systeem zal alles ingebouwd en zó afgesloten zijn, dat bij het openen de veiligheidsschakelaars op deuren en panelen het systeem doen uitschakelen. Bedenk, dat zo'n schakelaar wel eens kan uitvallen. Ook is het wel eens gebeurd, dat een flitslamp (door een defect in een stuurkast) een ongewilde lichtpuls gaf en zo de laser liet werken

- Falende mensen

Ook een mens is maar een mens en kan fouten maken, vooral bij routinehandelingen.

Bedenk, dat een menselijk oog géén UV- of IR-laserlicht waarneemt en ook niet ziet of een onderdeel onder spanning staat. Ook een heet onderdeel tot 400 à 450°C ziet er net zo uit als één op kamertemperatuur. En bedenk ook dat vele, mogelijk schadelijke dampen of gassen geen geur of kleur hebben.

Over veiligheidsvoorschriften met betrekking tot het gebruik van lasers en lasersystemen.

Bovengenoemde analyse leidt als vanzelf tot een aantal primaire regels of voorschriften, waaraan zal moeten worden voldaan. We vinden ze terug in de literatuur [5 t/m 9].

Hier volgt een samenvatting van de spelregels, waaraan moet worden voldaan bij het werken met lasers/lasersystemen.

- De ruimte, waarin zich een lasersysteem bevindt, dient duidelijk aangegeven te worden door een verlicht bord met het woord LASER. Ook het lasersysteem zelf dient duidelijk gemarkeerd te worden.
- Het inbedrijfstellen van een lasersysteem zij alleen mogelijk door gebruikmaking van een sleutelschakelaar, waarbij alleen het geïnstrueerde personeel over de sleutel beschikt.
- Het lasersysteem moet ingebouwd zijn in een beschermende omhulling, die voorkomt dat met name het menselijk lichaam of deel daarvan (ogen!) wordt blootgesteld aan laserstraling.
- Deze omhulling dient afgesloten te zijn met veiligheidsslots, die bij openen van de omhulling de laserstraling uitschakelt
- Er dient een indicator aanwezig te

Kader 3

Gevangengrens, toelaatbare bestralingsniveaus voor het lasergolflengtegebied 200 - 1400 nm

	Oog	Huid
Reuzenpulslaser pulsduur 1 ns - 1 μ s	5 10 ⁻⁸ J/cm ²	0,1 J/cm ²
Gepulste laser pulsduur 1 μ s - 0,1 sec	5 10 ⁻⁷ J/cm ²	0,1 J/cm ²
Continu laser 0,1 sec (oogreflex)	5 10 ⁻⁶ J/cm ²	0,1 W/cm ²

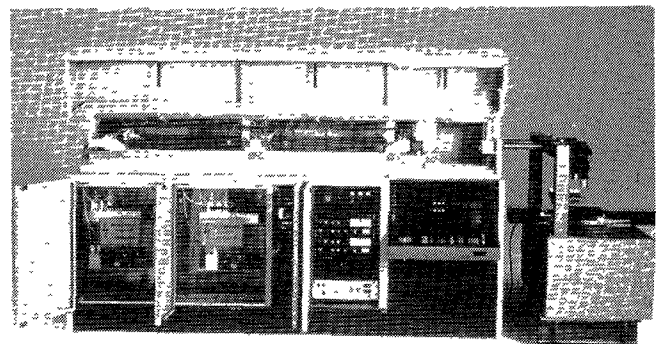
zijn, die een zichtbaar en/of hoorbaar signaal geeft wanneer de laser in bedrijf is.

- Als de laser wel in werking is, maar niet effectief gebruikt wordt, verdient het aanbeveling, het bundelvermogen of te verzwakken tot beneden de gevangengrens - zie kader 3, of de bundel op te vangen in een (gekoelde) warmtecollector.
- De bedieningskast met -paneel dient gescheiden te zijn van het actieve laser(bundel)volumen.
- De waarnemingsoptiek dient beveiligd te zijn door kleppen, sluiters of lichtverzwakkers. Bij hoge laservermogens dient men bij voorkeur gebruik te maken van een gesloten TV-systeem.
- Waar een bundel wordt gestuurd door spiegels, prisma's, fibers of andere optische middelen, dient, ingeval van weigering van één van deze stuurmiddelen, de bundel te worden verzwakt tot beneden de gevangengrens, respectievelijk uitgeschakeld te worden.
- Het verdient aanbeveling een afzuigmogelijkheid aan te brengen ter verwijdering van de bij de laserbewerking mogelijk ontstane dampen, gasen of stofdeeltjes, zeker indien ze nadelig zijn voor de gezondheid. Ook kan er in een enkel geval een explosief mengsel ontstaan. Hoewel de hoeveelheden van deze vluchtige bestanddelen over het algemeen gering zijn dient men, in verband met milieu-eisen, toch te overwegen of zij zonder meer in de buitenlucht geloosd mogen worden.
- Voor veel lasers is een hoogspanningsvoeding nodig. Daarbij kan röntgenstraling of een HF-elektromagnetische straling optreden. De hoogspanning zowel als genoemde stralingen dienen op adequate wijze te worden afgeschermd.

Tenslotte nog het volgende

- Een onveilige situatie kan ontstaan als men voor een grote ingreep (een reparatie of wijziging) tijdelijk met een geopend systeem moet werken.
- Men dient dan deze grote ingreep bij voorkeur uit te voeren in een geheel omsloten en afsluitbare ruimte, die duidelijk is gekenmerkt door verlichte waarschuwingsborden. Dit om te voorkomen, dat onbevoegd personeel (per abuis) binnenloopt ledereen, aanwezig in deze ruimte, drage dan een veiligheidsbril, die de ogen goed afschermt tegen zijdelings invallend licht. De glazen moeten de golflengte(s) van de gebruikte laser voldoende absorberen. Bij iedere laser behoort dus een typerend brilleglas!
- De muren van deze laserruimte dienen vlak te zijn en geverfd in een lichte kleur. Het lichtniveau dient er hoog te zijn (om de pupil zo nauw mogelijk te houden). Reflecterende oppervlakken van hulpapparatuur dienen vermeden te worden. De ingreep in het lasersysteem dient te geschieden door een specialist, goed bekend met lasereigenschappen en stralingsgevaaren.

Een produktiemachine in geopende (servicebeurt) toestand. De machine staat al bijna 5 jaar in een montagehal en wordt daar zonder problemen gebruikt voor het laser-trimmen van dunnefilmweerstand op keramiekdrager.

**De indeling van lasers in gevangengrensklassen**

Nederland kent nog geen wettelijke voorschriften of normen aangaande lasers en laserstraling. Wel is er een uit 1978 daterend rapport van de Gezondheidsraad [5], dat het lasergebied omvat. Het rapport wordt momenteel herzien. Ook zijn er in ons land enige ontwerpnormen uit 1985 [6]. Het ontbreken van definitieve normen hangt samen met de complexiteit van het probleem. In Duitsland heeft men wel DIN-normen [7].

Het ANSI (American National Standard Institute) heeft in 1980 een indeling naar gevangengrensklassen opgesteld. Twee jaar later werd deze klasse-indeling overgenomen door de WHO (World Health Organisation). Deze klassen, genummerd I tot en met IV zijn:

- **Klasse I**, de nul-risicoklasse: géén oogschade bij normaal gebruik gedurende een normale werkdag
- **Klasse II**, de lage-risicoklasse: de natuurlijke reflex (ogenschluiten) zorgt voor beperkte instraling. Het resultaat wordt vergelijkbaar geacht met enkele minuten in de zon kijken.

Grosso modo omvatten deze beide klassen samen de lasers met maximaal 1 mW uitgangsvermogen. De lasers gebruikt in detectie- en meetsystemen vallen vrijwel alle in klasse I en soms in II. Aan deze systemen worden zelden bijzondere veiligheids-eisen gesteld.

- **Klasse III**, de midden-risicoklasse: oogbeschadiging is mogelijk binnen de reflectietijd.
- **Klasse IV**, de hoge-risicoklasse: grote kans op verbranding van huid, kleding, voorwerpen in de omgeving, ook explosiegevaar. Deze klasse omvat alle lasers met vermogen groter dan 500 mW.

Veilig werken met lasers

Het ligt voor de hand dat in het bijzonder lasers uit de klassen III en IV veilig moeten worden opgesteld. Het gebruik van een veiligheidsbril toegesneden op de gebruikte laser dient overwogen te worden, evenals werkkleding, die met een brandvertragend middel is geïmpregneerd.

Literatuur

- [1] Volledigheidshalve LASER acroniem voor Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
Hier wil ik nog wijzen op een handig naslagwerkje door Jeff Hecht geschreven The Laser Guidebook. Het geeft iets over de laserhistorie, de theorie en de optiek rondom de laser, en tenslotte een reeks hoofdstukken, ieder gewijd aan een bepaald lasertype. Alles heel compact, helder geschreven, een boekje om snel iets in op te zoeken over commercieel verkrijgbare lasers
Het is uitgegeven door McGraw-Hill. Enkele ja-
- ren geleden betaalde ik f 200,- voor een gebonden exemplaar. Er is nu ook een paperback voor de helft van de prijs
- [2] D H Sliney and M L Wohlbarst 'Safety with Lasers and other Optical Sources', a comprehensive Handbook. Plenum Press, 1980 New York and London
- [3] D C Winburn 'Practical Laser Safety', Marcel Dekker, 1990, New York
- [4] I J Arons 'Laser Focus World', march 1992, p 53-62. Artikel over hoornvliesbewerking. Op pag 54 geeft de auteur een overzicht van effecten van laserlicht op levend weefsel
- [5] Aanvaardbare niveaus voor micrometerestraling, Gezondheidsraad 1978, nr 22, Staatsuitgeverij den Haag
- [6] Ontwerpnormen NEN-EN 207 en NEN-EN 208, oogbescherming tegen laserstraling, NNI 1985
- [7] DIN-bladen VGB 93, inclusief de Durchführungsregeln und Erläuterungen
- [8] American National Standard for the safe Use of Lasers, ANSI Z 136.1 - 1980, American Standards Institute, New York 1980
- [9] Threshold Limit Values for Physical Agents, adopted by ACGIH (American Conf of Governmental Industrial Hygienists), 1987-1988, Cincinnati

Behalve op bovenvermelde literatuur wil ik ook nog wijzen op de jaarlijks verschijnende ARBO Jaarboeken, een uitgave van NIA (Ned Inst v ARBeidsomstandigheden) en Kluwer

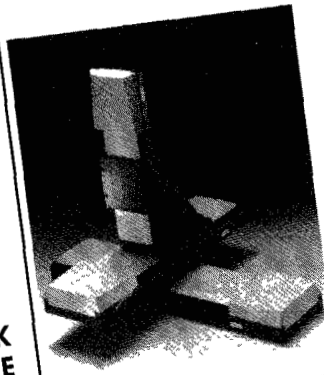
Marc Mclear betoogt in een zeer recent artikel (Laser Focus World aug 1992, p 111-116), dat de nieuwste laserveiligheidsbrillen veiliger, gebruiksvriendelijker en eleganter zijn dan de oudere nog veel gebruikte

De 1992 Buyers Guide van Laser Focus World geeft een veertigtal bedrijven, die glas ter bescherming tegen laserstraling en veiligheidsbrillen op maat leveren

Dr J G Siekman studeerde wis- en natuurkunde aan de R U G. Promoveerde daar op een kernfysisch onderzoek (ultra-korte levensduren). Werkte daarna bij Philips (C F T en Nat Lab) en is sinds 1985 onafhankelijk adviseur en docent toepassingen van lasers en optische technologie

U eist een
uitzonderlijke
**POSITIONERINGS-
NAUWKEURIGHEID**

**PHYSIK
INSTRUMENTE**
is uw partner



De nieuwe serie lineaire translatoren (serie M 500 (100, 200 en 300 mm) garanderen u:

- nauwkeurigheid 1 micron
- positionerings-reproduceerbaarheid 0.1 micron (0.4 micron voor 300 mm uitvoering)

Aandrijving middels stappenmotor of DC motor
Optioneel kan een Heidenhain-lineaal geïntegreerd worden zodat absolute verplaatsingen bepaald kunnen worden.

Wij nodigen u graag uit tot een orientatie. Voor uitgebreide informatie en produktcatalogus

Tel. 04959 - 3300
Fax 04959 - 1153

**APPLIED LASER
TECHNOLOGY**

main supplier

Onze specialiteit is micro-assemblage van functionele componenten met buitenafmetingen tot maximaal 40x42x50 mm. Liefst met electronica/optica geïntegreerd.

Onze fijnmechanische kennis van serieproductie en assemblage is gebaseerd op onze intensieve contacten met de Zwitserse fijnmechanische industrie. Daardoor zijn wij tevens in staat u bij de engineering en product-optimalisatie ter zijde te staan.



micro  montage

Postbus 3108 - NL 3760 DC SOEST - Holland

GROOT IN HET KLEINE