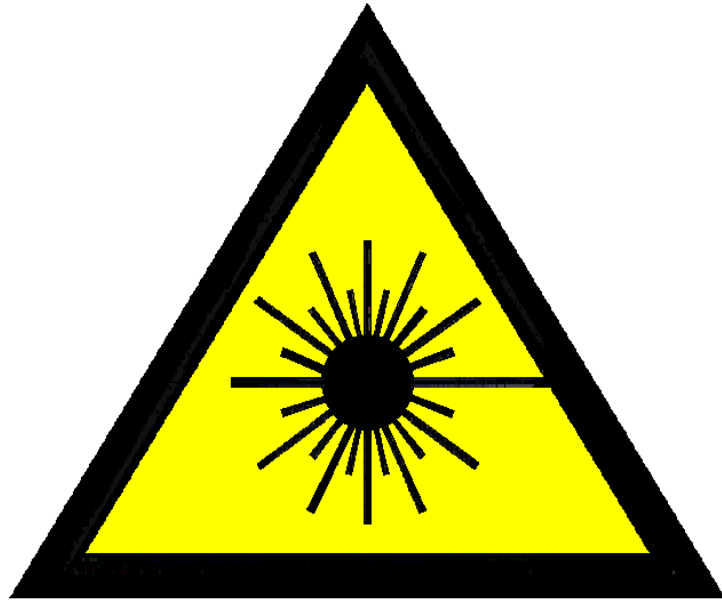


HANDBOEK

LASERVEILIGHEID

Faculteit Natuur- en Sterrenkunde
Universiteit Utrecht



Dit handboek is tot stand gekomen in samenwerking tussen de facultaire ARBO-adviesgroep en drie laserdeskundigen van de instituten, te weten dr. H. Gerritsen, ing C.R. de Kok en dhr. C.J. Wisman.
Het handboek is getoetst door de Universitaire ARBO- en Milieudienst.

Utrecht, December 1998

Inhoud

Hoofdstuk	Pagina
1. Inleiding	2
2. Regelgeving	2
3. Stralingsrisico's van lasers	3
4. Ingekaste lasers	6
5. Niet ingekaste lasers	7
6. Andere risico's van lasers en maatregelen ertegen	12
Literatuurlijst	14
Bijlagen	15

1. Inleiding

Lasers zijn zeer intense lichtbronnen die monochromatische coherente elektromagnetische straling produceren. Vanwege de hoge vermogensdichtheid kan de laserbundel of reflecties daarvan de ogen maar ook de huid beschadigen. Verder kan bij voldoende hoge vermogensdichtheid brand veroorzaakt worden door een laserbundel. Naast risico's door de hoge lichtintensiteit zijn er ook andere risico's verbonden aan het gebruik van lasers. Hierbij moet gedacht worden aan b.v. hoogspanning, het gebruik van giftige laserdyes en oplosmiddelen en de vorming van ozon.

Dit rapport geeft een overzicht van noodzakelijke maatregelen en werkwijzen om de risico's van het gebruik van lasers tot een aanvaardbaar niveau te reduceren. Hierbij is gepoogd om de gebruikers van opstellingen zo min mogelijk te beperken in hun mogelijkheden zonder de veiligheid in gedrang te brengen. De in dit stuk genoemde maatregelen en werkwijzen zullen voor de meest voorkomende situaties toereikend zijn. Het is echter goed denkbaar dat er zich situaties voordoen die niet of slecht gedekt worden door de hier gegeven richtlijnen. In deze situaties zal in overleg met de lokale laserdeskundige een reeks aangepaste maatregelen en werkwijzen moeten worden opgesteld. Hierbij dient de veiligheid van de werknemers op de eerste plaats te staan.

Bij het opstellen van dit rapport heeft de "Regeling Laserveiligheid" van de Rijksuniversiteit Leiden model gestaan, zie [1]. Daarnaast is gebruik gemaakt van de meest recente regelgeving door het ANSI en de IEC [2,3].

2. Regelgeving

Op grond van de maximaal toelaatbare lichtniveaus zijn lasers door het American National Standards Institute (ANSI) in een aantal risicoklassen ingedeeld. [2]. Deze indeling is grotendeels overgenomen door de International Electrotechnical Commission (IEC) en vastgelegd in rapport IEC 825-1 [3]. Dit IEC rapport heeft in EG verband de status van Europese norm gekregen (EN 60825). Ook Nederland is aan deze norm gebonden (NEN 10825). Binnen het kader van IEC 825-1 worden ook Light Emitting Diodes (LED's) als laser beschouwd.

In hoofdstuk 3 zal op deze indeling nader worden ingegaan. Op grond van deze klasse-indeling worden eisen gesteld aan laserapparatuur en aan de locaties en de wijze van gebruik van deze apparatuur. Zo moeten er bij lasers in de hoogste risicogroep aansluitmogelijkheden voor waarschuwingsslampen zijn, enz. De maatregelen in hoofdstuk 5 zijn voor het grootste gedeelte gebaseerd op de eisen en aanbevelingen in bovenstaande publicaties.

De eisen waaraan persoonlijke beschermingsmiddelen (m.n. laserbrillen) moeten voldoen liggen vast in de Europese norm EN 207 (Nederlandse norm NEN-EN 207) [4] voor wat betreft brillen die voor een bepaald golfengetgebied volledig moeten beschermen en in de norm EN 208 (NEN-EN 208) [5] voor brillen voor instelwerk aan lasers en lasersystemen.

De eisen waaraan waarschuwingstekens moeten voldoen (formaat en kleurstelling) worden ook in het IEC rapport behandeld. Voor Nederland waren deze eisen, ongeveer overeenkomstig het IEC rapport, al wettelijk geregeld in het "besluit veiligheidssignalering op de arbeidsplaats" en de daarop gebaseerde norm NEN 3011 [7]. Als wat oudere publicatie kan nog worden genoemd "Richtlijnen laserveiligheid" van een universitaire adviescommissie op het gebied van veiligheids- en milieuwetgeving [8].

3. Stralingsrisico's van lasers

3.1 Biologische effecten en de normstelling

Het meest kwetsbare orgaan voor laserlicht is het oog. Bij de golflengten in het zichtbare gebied, van 400-800 nanometer (nm), en het nabije infrarood (tot 1400 nm) wordt een (evenwijdige) bundel laserlicht in het oog gefocusseerd. Hierdoor komt alle energie die in de laserbundel aanwezig is op een zeer klein oppervlak met een diameter van ca. 10 μm op het netvlies terecht

Voor deze 'puntbron' is na veel onderzoek bepaald hoeveel energie er nodig is om schade aan het netvlies te veroorzaken. Deze hoeveelheid energie bleek afhankelijk te zijn van de duur van de blootstelling en van de golflengte van het licht. Op grond hiervan is vastgesteld hoeveel energie er maximaal het oog mag binnenvallen en zijn de blootstellingsnormen vastgesteld.

Bij bundelvermogens hoger dan deze normen ontstaan door eiwit-denaturatie lichtongevoelige plekken op het netvlies ter grootte van het beeld. Bij nog hogere vermogens ontstaan er explosie-achtige verschijnselen waardoor de schadeplek groter wordt. Bij vermogens in de orde van 1 watt of meer kunnen ter plaatse dampbellen ontstaan met als bijeffect schokgolven die volledige blindheid van dat oog kunnen veroorzaken. Ultraviolette straling wordt bij korter wordende golflengte in toenemende mate geabsorbeerd in het hoornvlies (cornea) en de bindvliezen en kan daar kerato-conjunctivitis (lasogen) veroorzaken. Dit is een heftige en pijnlijke irritatie van de ogen die na ongeveer 6 uur begint en meestal na 3 dagen is afgelopen. Bij grote overschrijding van de normen kan blijvende schade (staar) optreden.

Straling met een golflengte langer dan circa 800 nm kan schade in het voorste deel van het oog en in extreme gevallen zelfs verbrandingen van het hoornvlies veroorzaken. Bij een grote overschrijding van de normen kan ook hier blijvende schade (staar) optreden.

Voor golflengten tussen circa 400 en 800 nm zorgt de oogsluitreflex ervoor, dat reeds bij zeer lage bundelvermogens de oogleden het oog snel afsluiten. De blootstellingstijd is maximaal 0,25 seconde. Bij golflengten groter dan 800 nm is er wel een afweerreflex van het oog aanwezig, maar deze is niet zo effectief en treedt pas op bij veel hogere vermogens. Ultraviolette straling wordt door het oog van de mens niet direct waargenomen. Er bestaat geen afweerreflex tegen ultraviolette straling. Het is gebleken dat blootstelling gedurende langere tijd aan straling met golflengten van 400-550 nm (blauw licht) kan leiden tot een fotochemische aantasting van het netvlies. Deze aantasting vindt plaats bij matige tot lage lichtsterkte. Bij divergerende bundels kan het beeld op het netvlies groter worden. Als het groter wordt dan een paar honderd micrometer in diameter treedt het effect op dat de hitte in het binnenste deel van het beeld niet goed meer kan worden afgevoerd. In dat geval wordt de invallende energie per oppervlakte-eenheid dus de grootte die de schadegrens bepaalt.

Er is nu experimenteel een (ruimte) hoek vastgesteld waarvoor het volgende geldt:

- i) als het beeld onder een kleinere hoek dan deze hoek wordt waargenomen dan gelden de normen voor de totale invallende energie. Deze situatie doet zich voor bij rechtstreeks in de bundel kijken.
- ii) Als het beeld onder een hoek wordt bekeken die groter is dan gelden de normen voor de energie per oppervlakte-eenheid. Deze situatie doet zich voor bij het kijken naar diffuse reflecties van een laserbeeld. Omdat het afvoeren van warmte afhankelijk is van de belichtingsduur is voorstelbaar dat genoemde hoek een functie is van de belichtingsduur.

Tenslotte kan ook de huid door verbranding schade oplopen, bij blootstelling boven het maximaal toegestane niveau voor het oog.

3.2 Indeling in klassen op grond van de biologische effecten

Vrijwel algemeen wordt de indeling van lasers in risicogroepen gehanteerd zoals die door de IEC is geformuleerd [2]. Deze indeling houdt globaal het volgende in.

Klasse-1 lasers

Lasers die niet voldoende vermogen hebben om schade te veroorzaken ook al zouden ze oneindig lang (in het algemeen langer dan ca. 3 uur) in het oog schijnen, zijn ongevaarlijk. Ze heten 'klasse-1 lasers'.

Klasse-2 lasers

Lasers die de schadelijke energie niet binnen 0,25 seconden kunnen leveren zijn op zich ook niet gevaarlijk. Binnen 0,25 seconden kan en zal de mens zijn ogen sluiten als er fel licht invalt.

De straling van de zon is hiermee vergelijkbaar; deze is pas gevaarlijk als bewust de reflex om het oog te sluiten wordt onderdrukt.

Lasers uit deze klasse vallen uiteraard allemaal binnen het zichtbare gebied. Ze heten 'klasse-2-lasers'.

Klasse-3 lasers

Lasers die sterker zijn dan klasse-1 en klasse-2 lasers zijn tot een bepaalde grens 'klasse-3-lasers'.

De bovengrens van klasse-3-lasers, waar dus het gebied van de klasse-4-lasers begint, is destijds bepaald door de mogelijkheid van de laser om ook na een reflectie op een niet-spiegelend oppervlak toch nog voldoende energie terug te kaatsen om schadelijk te zijn voor het oog.

Binnen de klasse-3-lasers is een groep lasers gedefinieerd die slechts schadelijk is als de bundel wordt geconvergeerd. Ze heten 'klasse-3a-lasers'. De precieze definitie hiervan is in de IEC-norm opgenomen. In het algemeen gaat het om lasers in het zichtbare gebied met een vermogen tussen 1 en 5 milliwatt en een vermogensdichtheid van minder dan 25 W/m². Klasse-3 lasers die buiten dit gebied vallen zijn 'klasse-3b-lasers'.

Klasse-4 lasers

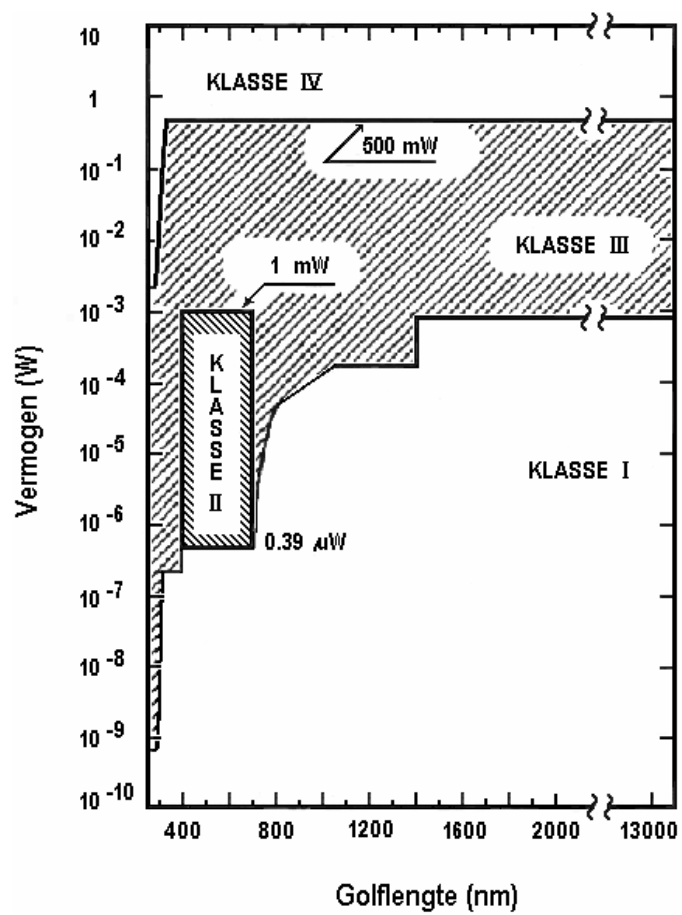
Lasers die ook bij een diffuse reflectie schade kunnen veroorzaken worden 'klasse-4-lasers' genoemd.

De grens van het vermogen om zo'n diffuse reflectie te kunnen veroorzaken zou bij continue lasers in het zichtbare gebied op 0,5 W liggen. Bij andere lasers kan die grens anders zijn gedefinieerd door de IEC.

Later is gebleken dat deze 0,5 W grens niet de grens is tussen wel- en niet-gevaarlijke-diffuse reflecties.

Toch is deze grens tussen klasse 3 en klasse 4 lasers gehandhaafd, omdat 0,5 W de grens blijkt te zijn waarbij de mens zijn hand uit de bundel kan terugtrekken voordat huidschade is veroorzaakt [9].

In de volgende figuur is alleen de klasse-indeling voor continu-stralende lasers opgegeven. Voor gepulste lasers zijn door de IEC ook voorschriften gegeven voor de wijze waarop deze ingedeeld moeten worden. Bij alle commercieel verkrijgbare lasers is deze klasse-indeling reeds door de leverancier geschied. Indien bij de laser niet is aangegeven tot welke klasse hij behoort dient de indeling te geschieden op basis van de IEC-richtlijnen.



4. Ingekaste lasers

4.1 Inleiding

De meest effectieve maatregel om te voorkomen dat personen aan schadelijk laserlicht worden blootgesteld is het maken van een inkasting die voorkomt dat licht met een vermogen boven het niveau van klasse-2 buiten de omkasting treedt. Bij wetenschappelijk onderzoek is zo'n volledige inkasting vrijwel nooit mogelijk; bij het werken aan een laser is een inkasting per definitie zelfs onmogelijk. Er zijn toepassingen waarbij een inkasting wel mogelijk is. In het geval van een ingekaste hoog-vermogen laser zijn dan niet alle veiligheidsmaatregelen voor hoog-vermogenlasers nodig. Volstaan kan dan worden met het volgende pakket van maatregelen.

4.2 Maatregelen voor een ingekaste laser

Indien van toepassing: de maatregelen uit hoofdstuk 6 (andere risico's van lasers) en de maatregelen voor klasse-1 of klasse-2 lasers (zie 5.2 en 5.3).

4.2.1 Beheersmatig

1. Indien bij de installatie of bij onderhoudsbeurten van de laser een mogelijkheid bestaat dat de straling boven het klasse-2-niveau uitkomt dienen aanvullende maatregelen te worden getroffen. In principe dient voldaan te worden aan de eisen die gesteld worden aan het stralingsniveau dat vrij kan komen.
2. Als de straling boven klasse-2 niveau kan uitkomen dient een veiligheidsrapport te worden opgesteld in overleg met de lokale laserdeskundige. Het veiligheidsrapport dient op een duidelijk zichtbare plek in de experimenteerkamer aanwezig te zijn (b.v. bij de laserbrillen of de grote rode noodknop).
3. Op basis van dit veiligheidsrapport dienen korte schriftelijke instructies te worden opgesteld voor het gebruik van de opstelling. Personen die te maken krijgen met het verhoogde stralingsniveau dienen deze instructies te krijgen.
4. De onder 3 genoemde gebruikers van de laser dienen een oogkeuring te ondergaan. Deze keuring wordt door de lokale laserdeskundige via personeelszaken aangevraagd.

4.2.2 Opstelling

1. Op de inkasting dient op een duidelijk zichtbare plaats de sticker te worden aangebracht die de klasse aangeeft van de laser in de inkasting.
2. De laser dient automatisch uit te schakelen als de inkasting wordt verwijderd of op een kier wordt gezet. In het algemeen zal dit slechts kunnen worden bereikt door de toepassing van (diametraal opgestelde) micro-switches.
3. Er dient voor calamiteiten een eenvoudig bedienbare, grote rode noodknop aanwezig te zijn waarmee de laser wordt uitgeschakeld of waarmee het uitgangsvermogen wordt gereduceerd tot een veilig niveau (\leq klasse-2).
4. Er dient bij de constructie van de inkasting aandacht te zijn besteed aan het optreden van brandgevaar binnen in de inkasting ten gevolge van de intense laserbundel.
5. De inkasting moet zo zijn geconstrueerd dat hij slechts met behulp van gereedschap te verwijderen is.

5. Niet ingekaste lasers

5.1 Algemeen

Hier worden de normen voor maximale blootstelling en de daaruit afgeleide klasse-indeling van de IEC gevolgd. De klasse waarin een laser valt is altijd aangegeven op de laser (zie bijlage 4). Voor alle laserklassen gelden de algemene maatregelen zoals deze beschreven staan in hoofdstuk 6. In bijlage 1 is een samenvatting gegeven van de specifieke lasermaatregelen.

5.2 Klasse-1-lasers

5.2.1 Omschrijving

Klasse-1-lasers zijn lasers met zo'n laag vermogen dat ze geen schade aan het oog kunnen veroorzaken.

5.2.2 Maatregelen

Aangezien er geen risico's ten gevolge van de laserstraling zijn, zijn er verder geen speciale maatregelen nodig voor klasse-1-lasers.

5.3 Klasse-2-lasers

5.3.1 Omschrijving

Klasse-2-lasers zijn lasers in het zichtbare gebied met een uitgangsvermogen van hoogstens 1 mW. Bij deze lasers kan de bundel binnen de reactietijd waarin een mens zijn oog kan afwenden (0,25 seconden) geen schade aanrichten, zelfs niet als de bundel door optische instrumenten is geconvergeerd.

5.3.2 Maatregelen

De onderstaande maatregelen hebben tot doel te vermijden dat iemand zonder kennis van de risico's opzettelijk de oogreflex onderdrukt en in de bundel gaat staren. Daarnaast wordt beoogd hinder voor derden te voorkomen.

5.3.2.1 Beheersmatige maatregelen

Er zijn geen speciale lasergerichte maatregelen noodzakelijk.

5.3.2.2 De opstelling

1. Op de laser dient op een duidelijk zichtbare plaats een sticker aanwezig te zijn die de klasse van de laser vermeldt.
2. De schakelaar waarmee de laser van "stand-by" naar werkelijk functioneren wordt gezet dient van zo'n constructie te zijn dat het onmogelijk is de laser "per ongeluk" aan te zetten.
3. Tenzij de werkzaamheden niet anders toelaten mag de laser niet op ooghoogte worden toegepast.

5.3.2.3 De werkwijze

De bundel mag niet op mensen worden gericht.

5.4 Klasse-3 en klasse 4-lasers

5.4.1 Omschrijving

Klasse-3 en klasse-4-lasers zijn lasers met een vermogen en/of energieinhoud van de bundel die hoger is dan die van klasse-1 en/of 2-lasers. Vrijwel alle infrarood- en ultravioletlasers zijn klasse-3 of klasse-4.

5.4.2 Toelichting

1. De veiligheidsmaatregelen zijn gericht op het voorkomen van reflecties en het voorkomen dat laserstraling de experimenteerruimte verlaat. Er wordt hier geen onderscheid gemaakt tussen klasse-3- en klasse-4-lasers.
2. Soms kan door voorzieningen bij de opstelling het vermogen van klasse-3 en klasse-4-lasers tijdens het werk teruggebracht worden naar klasse-1 of klasse-2. Bouwkundige voorzieningen voor een klasse-3/4 laser blijven noodzakelijk. Veranderingen in de opstelling, bijvoorbeeld bij het uitlijnen of bij het opzetten van een nieuwe proef, blijven immers mogelijk en/of gewenst.
3. De procedures bij het werken kunnen dan echter een stuk eenvoudiger zijn omdat de bepalingen die slechts gelden als de bundel boven klasse-2-niveau komt niet hoeven te worden nageleefd.
4. Indien er transport via b.v. een optische fiber van het laserlicht boven klasse-2-niveau naar aangrenzende ruimten plaatsvindt dient dit transport plaats te vinden in een lichtdicht afgesloten transportkanaal. De einduitgang van het transportkanaal is te beschouwen als een nieuwe laser. Deze nieuwe laser zal in een klasse moeten worden ingedeeld en vervolgens zal aan alle bepalingen van die klasse moeten worden voldaan.
5. Onderstaande maatregelen zijn in het algemeen bedoeld voor gefixeerde bundels. Niet-gefixeerde (bewegende) bundels zijn bij klasse-3- en klasse-4-lasers uiterst onwenselijk. Indien ze toch noodzakelijk zijn dienen daarvoor extra (afschermings) maatregelen te worden getroffen. Het gebruik (en de verkoop) van klasse-3 laserpointers is verboden. In principe zijn klasse-2 laserpointers op het moment van schrijven van dit rapport nog toegestaan. N.B. de klasse vermeld op de laserpointers is vaak niet correct.
6. Voor klasse-3a- zijn de volgende maatregelen niet nodig: paragraaf 5.4.5. punten 4, 11, 12, 13, 14 en paragraaf 5.4.6. punten 2, 3, 4, 9, 10 en 11.

5.4.3 Algemeen

Zie de maatregelen in hoofdstuk 6.

5.4.4 Beheersmatige maatregelen

1. Er dient een veiligheidsrapport te worden opgesteld in overleg met de lokale laserdeskundige. In bijlage 2 staat vermeld wat in dit rapport dient te zijn opgenomen. Dit rapport dient goedgekeurd te worden door de Arbo- en Milieudienst. Als veranderingen in de opstelling of van de werkwijze consequenties hebben voor de veiligheid dient een nieuw veiligheidsrapport te worden opgesteld. Het veiligheidsrapport dient op een duidelijk zichtbare plek in de experimenteerkamer aanwezig te zijn (b.v. bij de laserbrillen of de grote rode noodknop).
2. Op basis van dit veiligheidsrapport dienen korte schriftelijke instructies te worden opgesteld, zie het voorbeeld in bijlage 3. Gebruikers van de laser dienen een exemplaar te krijgen van deze instructies.
3. Alleen geregistreerde gebruikers mogen met de laser werken. Registratie vindt plaats via de lokale laserdeskundige.
4. Lasergebruikers hebben een oogkeuring ondergaan waaruit blijkt dat de persoon geschikt is voor het werken met lasers. Deze keuring wordt door de lokale laserdeskundige via personeelszaken aangevraagd.

5. Voor bezoekers van de opstelling dienen passende maatregelen genomen te worden om hun veiligheid tijdens het bezoek te waarborgen.

5.4.5 De opstelling

1. Op de laser dienen op een duidelijk zichtbare plaats een waarschuwingsteken en een label dat de klasse van de laser vermeldt aanwezig te zijn (zie bijlage 4).
2. De schakelaar waarmee de laser van "stand-by" naar werkelijk functioneren kan worden gezet, dient van zo'n constructie te zijn dat het onmogelijk is de laser "per ongeluk" aan te zetten.
3. Tenzij de werkzaamheden niet anders toelaten mag de laser niet op ooghoogte worden toegepast.
4. De laser moet aan- en uitgezet kunnen worden met een sleutelcontact.
5. Situaties waarbij vrij toegankelijke bundels door de ruimte lopen dienen vermeden te worden. De laserbundel dient zoveel mogelijk ingekapseld te zijn (bijvoorbeeld met een buis om de bundel of een doorsneden cylinder die om de bundel en de optische elementen past).
6. De laser dient bij voorkeur zo te zijn opgesteld dat de directe bundel, of de 180 graden reflectie ervan, niet op de toegangsdeur is gericht.
7. Aan het eind van een bundelpad dient een (vastgezette) bundelstop (beam dump) geplaatst te worden. Deze dient van onbrandbaar materiaal te zijn vervaardigd en mag geen reflecties veroorzaken.
8. De aanwezigheid van spiegelen materialen in de omgeving van de laser dient vermeden te worden (zie 5.4.6.6).
9. Als infrarood-lasers, ultraviolet-lasers of gepulste lasers worden toegepast dient indien mogelijk ten behoeve van het uitlijnen een laser van maximaal klasse 2 een vast onderdeel van de opstelling te zijn.
10. Indien van toepassing dient er een aansluitingsmogelijkheid te zijn voor een akoestisch of visueel waarschuwingssignaal dat geactiveerd wordt als de laser aan gaat (zie 5.4.6.2).
11. Er dient een aansluitingsmogelijkheid te zijn voor de verlichting van een waarschuwingsbord (zie 5.4.6.3).
12. Er dient voor calamiteiten een eenvoudig bedienbare, grote rode noodknop aanwezig te zijn waarmee de laser wordt uitgeschakeld of waarmee het uitgangsvermogen wordt gereduceerd tot een veilig niveau (\leq klasse-2).
13. In sommige gevallen, vooral als het om zware lasers gaat, is het wenselijk dat er een aansluitingsmogelijkheid is voor een akoestisch signaal dat gedurende zes seconden klinkt voordat de laser gaat functioneren (zie 5.4.6.5). Er dient overlegd te worden met de lokale laserdeskundige of deze voorziening noodzakelijk is.
14. Vermijd de aanwezigheid van brandbare chemicaliën ivm. ontbranding door de energie van de laserbundel. Besteed bij noodzakelijke aanwezigheid van brandbare chemicaliën aandacht aan de brandveiligheid.
15. Er dienen voldoende laserbrillen aanwezig te zijn die aan de NEN-EN 207 (208) normen voldoen voor alle te gebruiken laser golflengtegebieden, zie 5.4.7.2. Indien er laserbrillen aanwezig zijn voor verschillende golflengtegebieden moet duidelijk aangegeven zijn welke bril voor welke situatie bedoeld is.

5.4.6 Bouwkundige voorzieningen

1. Op de toegangsdeuren van de ruimte dient het wettelijk verplichte waarschuwingsteken (NEN 3011) te zijn aangebracht; zie bijlage 4.
2. Bij de ingang van de ruimte dient aan de buitenzijde een verlicht waarschuwingbord aanwezig te zijn dat brandt als de laser is ingeschakeld; zie bijlage 5.
3. Er dient een duidelijk bord op de deur bevestigd te zijn met de mededeling dat zodra het waarschuwingbord verlicht is de ruimte alleen toegankelijk is voor geregistreerde gebruikers; Voor een voorbeeld zie bijlage 5.
4. Op de deur dient een lijst met geregistreerde gebruikers van de betreffende laser aanwezig te zijn, zie bijlage 5.
5. In sommige gevallen, vooral als het om zware lasers gaat, is het wenselijk dat er een akoestisch of visueel waarschuwingssignaal is als de laser aan staat. Bij een visueel signaal moet de kleur zodanig zijn dat een laserbrildrager het kan zien. Vaak zal de waterkoeling van de laser door het geluid dat deze produceert als zo'n signaal kunnen gelden (zie 5.4.5.11). Overleg met de lokale laserdeskundige of dit noodzakelijk is.
6. In sommige gevallen, vooral als het om zware lasers gaat, is het wenselijk dat er in de ruimte een akoestisch signaal aanwezig is dat gedurende zes seconden klinkt voordat de laser gaat functioneren (zie 5.4.5.14). Er dient overlegd te worden met de lokale laserdeskundige of deze voorziening noodzakelijk is.
7. Er dient voor kalamiteiten een eenvoudig bedienbare, grote rode noodknop aanwezig te zijn waarmee de laser wordt uitgeschakeld of waarmee het uitgangsvermogen wordt gereduceerd tot een veilig niveau (\leq klasse-2).
8. De aanwezigheid van spiegelende materialen in de omgeving van de laser dient zoveel mogelijk vermeden te worden.
9. De laserstraling mag alleen in lichtdichte (onbrandbare) afgesloten transportkanalen (b.v. fibers of beam-tubes) buiten de ruimte komen.
10. De ramen in de laserruimte dienen geblindeerd te zijn tijdens het gebruik van de laser.
11. Er dienen maatregelen genomen te worden wat de toegankelijkheid van de ruimte betreft. De IEC geeft nauwelijks richtlijnen. Uitgaande van de ANSI richtlijnen zijn er drie mogelijkheden:

Non defeatable area or entry safeway control.

Door gebruik te maken van een 'deurinterlock' kan niemand de ruimte betreden zonder dat het gehele lasersysteem zichzelf uitschakelt.

Defeatable area or entry safeway control.

Hier is sprake van een deurinterlock die, door daartoe gemachtigde personen, tijdelijk kan worden uitgeschakeld.

Procedural area or entry safeway control.

Onder bepaalde voorwaarden kan afgezien worden van de onder a) en b) genoemde deurinterlock beveiliging. De voorwaarden hiervoor zijn dat er voorzieningen zijn waardoor wordt voorkomen dat laserstraling of reflecties ervan op het moment dat de toegangsdeur wordt geopend de gang instraalt. Hierbij moet gedacht worden aan een toegang met een sluis of labyrint, of aan een scherm of gordijnen voor de toegangsdeur.

N.b. Uitschakelen mag hier ook gelezen worden als: terugbrengen van het lichtniveau tot maximaal dat van een klasse-2 laser.

Er dient in overleg met de lokale laserdeskundige besloten worden welke van bovengenoemde maatregelen betreffende de toegankelijkheid van de laserruimte het meest geschikt is voor een bepaalde laseropstelling.

12. In verband met vluchtmogelijkheden moeten de deuren zonder hindernissen geopend kunnen worden.

5.4.7 De werkwijze

1. Bij alle toepassingen dient het minimaal werkbare vermogen of de minimaal werkbare energie te worden toegepast.
2. Tijdens het werk dienen voor dat werk geschikte laserbrillen te worden gedragen. Normaal gesproken zal gebruik gemaakt worden van laserbrillen die alle laserstraling blokkeren, conform NEN-EN 207. Echter, voor instelwerk aan de laser en de opstelling waarbij zichtbaarheid van de laserbundel gewenst is mag gebruik gemaakt worden van een laserbril die het vermogen reduceert tot het niveau van klasse-2 of minder, conform NEN-EN 208.

6. Andere risico's van lasers, en maatregelen ertegen

6.1 Inleiding

De risico's die niet samenhangen met de straling die de laser uitzendt zijn niet gekoppeld aan een bepaalde klasse. Zo zijn de risico's ten gevolge van de hoogspanning er bij alle hoog vermogen- en gas lasers, risico's ten gevolge van giftige chemicaliën kunnen optreden bij kleurvloeistoffen, maar bijvoorbeeld ook bij de ozon-productie. Het uitgangspunt voor maatregelen tegen de niet-stralings risico's van lasers dient steeds te zijn dat de apparatuur voldoet aan alle wettelijke bepalingen en normen. Hieronder volgt een overzicht van veel voorkomende risico's bij het gebruik van lasers en maatregelen daar tegen. Dit overzicht is niet volledig. raadpleeg in geval van twijfel de afdeling gebouwbeheer.

6.2 Elektrische risico's

Opstelling: Op de hoogspanningsgedeelten dienen de gebruikelijke duidelijke waarschuwingen tegen hoogspanningsgevaar te zijn aangebracht. Bestaande micro-switches die beveiligen tegen dit gevaar mogen niet worden overbrugd. Ook indien de laser (gedeeltelijk) in eigen beheer is gefabriceerd dient te zijn voldaan aan alle wettelijke bepalingen en normen inzake elektrische veiligheid.

Werkwijze: Werkzaamheden aan de electro-technische voorzieningen zijn voorbehouden aan medewerkers die voldoende kennis en ervaring hebben. Hierbij moet worden bedacht dat ook de metalen mantel een functie bij de electro-technische beveiliging kan hebben.

6.3. Chemische risico's

Opstelling: Bij de toepassing van kleurvloeistoffen dient rekening gehouden te worden met mogelijke lekkages en morsen (gebruik lekbak) en de opbouw van statische elektriciteit. Ook kan plaatselijke afzuiging van dampen of gassen zoals ozon noodzakelijk zijn. Verder dienen chemicaliën die niet worden gebruikt correct worden opgeslagen, bijvoorbeeld in een chemicalienkast.

Bouwkundig: Indien toxische chemicaliën worden gebruikt kan afvoer van dampen, door 'wassen' of door plaatselijke afzuiging noodzakelijk zijn. Afhankelijk van de aard van de risico's kunnen verdere vereisten voor schadelijke werkruimtes noodzakelijk zijn.

Werkwijze: Bij het manipuleren met de kleurvloeistoffen en met koelvloeistoffen dienen de gebruikelijke voorzorgsmaatregelen bij het werken met chemicaliën in acht te worden genomen (werken in een zuurkast, met handschoenen aan, niet meer chemicaliën binnen de ruimte brengen dan noodzakelijk is, enz.). De afvalchemicaliën dienen te worden afgevoerd conform de bestaande regels. Naast de risico's ten gevolge van kleurvloeistoffen dient men bedacht te zijn op het voorkomen van onderdelen van giftig materiaal, zoals beryllium en oxides van tellurium (lenzen).

6.4 Risico's ten gevolge van röntgenstraling

Bij hoogspanningsvoedingen met een spanning hoger dan 15kV kan parasitaire röntgenstraling ontstaan. Bij eigenbouw apparatuur is het noodzakelijk dit door een stralingsdeskundige met een daarvoor geëigende dosimeter te laten controleren bij de installatie van de laser, en bij iedere wijziging in de voeding.

6.5 Andere risico's

Er dient rekening te worden gehouden met het feit dat er wellicht ook maatregelen moeten worden genomen tegen cryogene risico's en tegen risico's ten gevolge van hoog vacuüm; het is noodzakelijk maatregelen te treffen om gasflessen veilig te gebruiken. Speciale aandacht moet worden besteed aan het voorkomen van losliggende kabels op de vloer. Tenslotte dient terdege aandacht te worden besteed aan de afvoer van de warmte die hoog-vermogen lasers produceren.

LITERATUUR

1. Regeling Laserveiligheid RUL
Rijksuniversiteit Leiden 1987
2. American National Standard for Safe Use of Lasers
Z136.1-1993.
American National Standards Institute. New-York 1993.
3. Safety of laser products
Part 1: Equipment classification, requirements and user's guide.
International Standard IEC 825-1 : 1993
International Electrotechnical Commission, Genève 1993

Stralingsveiligheid van laserprodukten
Deel 1: classificatie van materieel, eisen en gebruikersrichtlijnen
NEN 10825-1 : 1993
Nederlands Normalisatie-instituut Delft 1994
4. Personal eye-protection -- Filters and eye protection against laser radiation
European Standard EN 207
European Committee for Standardization Brussels 1993

Oogbescherming -- Filters en oogbeschermers tegen laserstraling.
NEN-EN 207
Nederlands Normalisatie-instituut Delft 1994
5. Personal eye protection. Eye protectors for adjustment work on lasers and laser systems (laseradjustment eye-protectors)
European Standard EN 208
European Committee for Standardization Brussels 1993

Oogbescherming. Oogbeschermers voor instelwerkzaamheden aan lasers en lasersystemen (oogbeschermers voor laserinstelling)
NEN-EN 208
Nederlands Normalisatie-instituut Delft 1994
6. Besluit veiligheidssignalering op de arbeidsplaats
Nederlandse Staatscourant nr. 142. 28 juli 1982
7. Veiligheidskleuren en tekens
Nederlandse norm NEN 3011
Nederlands Normalisatie-instituut Delft 1986
8. Richtlijnen Laserveiligheid voor research en onderwijs
Interuniversitaire Adviescommissie Veiligheids- en milieuwetgeving 1985.
9. Safety with lasers and other optical sources. A comprehensive handbook.
David Sliney and Myron Wolbarsht., New York, 1980.

Bijlage 1

Samenvatting van specifieke laser maatregelen per klasse.

Klasse 1.

Geen specifieke maatregelen.

Klasse 2.

Er moet een sticker op de laser aanwezig zijn die de klasse aangeeft. (5.3.2.2.1)

Voor deze klasse moet er een waarschuwingssticker op de laser aanwezig zijn met tekst "DO NOT STARE ...".

(zie bijlage 4.)

Klasse 3 en 4.

Maatregelen als bij klasse 2 lasers.

Als deze lasers in een laserlaboratorium gebruikt worden gelden de volgende eisen. (5.4.6.11.c)

Ten aanzien van de ruimte.

1. Waarschuwbord op of bij de toegangsdeur.(5.4.6.1)
2. Verlicht waarschuwingspaneel indien de laser in werking is op of bij de toegangsdeur.(5.4.6.2)
3. Bij de deur is een noodknop om de laser uit te schakelen.(5.4.6.7.)
4. Er hangt een lijst met namen van bevoegde personen die de ruimte mogen betreden wanneer de laser operationeel is.(5.4.6.4)
5. In de ruimte is een veiligheidsrapport aanwezig.(5.4.4.1)
6. In de ruimte is een rapport met informatie en instructie voor lasergebruik aanwezig.(5.4.4.2)
7. Laserbundels zijn zo veel mogelijk afgeschermd.(5.4.5.5)
8. Er mag onder geen enkele voorwaarde laserlicht de ruimte verlaten. (5.4.6.9, 5.4.6.10 en 5.4.6.11)

Ten aanzien van personen.

1. Bevoegd tot gebruik van lasers zijn alleen de geregistreerde gebruikers.(5.4.4.)
2. Het gebruik van geschikte laserbrillen is verplicht.(5.4.7.2.2)

Ten aanzien van de laser.

1. Laser aan- en uitzetten moet met een sleutelschakelaar.(5.4.5.4)
2. De laser moet gebruikt worden met een zo laag mogelijk vermogen.(5.4.7.1)
3. Alle laserbundels moeten gestopt worden met geschikte bundelstops.(5.4.7.4)

Ingekaste lasers.

Bij ingekaste klasse 3 of 4 lasers moeten er interlocks aanwezig zijn voor elk deel van de behuizing dat verwijderd kan worden.

Indien laserstraling kan uittreden dienen maatregelen voor klasse 3 en/of 4 toegepast te worden.

de Arbo- en Milieudienst	xxxxxxxxxx	x3415
EHBO Lokaal	xxxxxxxxxx	xxxx
EHBO-AZU		506884/506885
Ambulance, Brandweer		x4444

3. LOCATIE

Lasers in BBL-xxx 11 April, 1996

De lasers staan in het Buys Ballot laboratorium, in kamer xxx. Het telefoonnummer van deze kamer is xxxx. Figuur I is een plattegrond van de kamer. De posities van de lasers zijn in de figuur aangegeven. De lasers staan op een optische tafel van 1.20 x 3.0 m. Een groot deel van de tafel staat onder een stoffilter (schone luchtinstallatie). Alle lasers staan op dit gedeelte van de tafel.

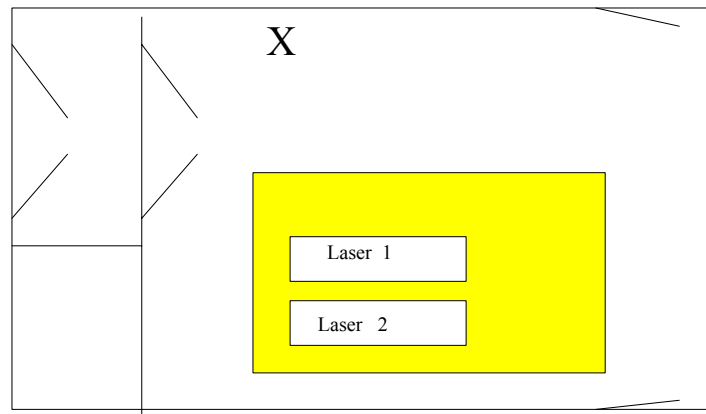


FIG. 1. Plattegrond van kamer xxx in het BBL, met daarin aangegeven de posities van de lasers. De plaats met laserveiligheidsbrillen, dit veiligheidsrapport en het laser logboek is aangegeven met een X.

4. AANWEZIGE LASERS

LASER SPECIFICATIES

*Type: Argon ionen
 *Model: Spectra Physics 2060~10-SA
 *Serie #: -
 *Max. vermogen: 10 W (alle lijnen)
 *Gepulst of CW: CW
 *Puls Lengte: N/A
 *Puls frequentie: N/A
 *Golflengte: 458 - 514 nm (8 lijnen)
 *Bundel diameter: < 2mm
 *Bundel divergentie: 0.45 mrad (0.026')
 *RUU #: -
 *Klasse IV

LASER SPECIFICATIES

Type: Verstembare, fs Ti:saffier laser
 Model: Spectra Physics Tsunami
 Serie #: -
 Max. Vermogen: 1.0 W
 Gepulst of CW: Gepulst
 Puls Lengte: 50 - 130 fs
 Puls frequentie: 82 Mhz
 Golflengte: 690 - 1000 nm
 Bundel diameter: < 2 mm
 Bundel divergentie: 0.6 mrad (0.03')
 RUU #: -
 Klasse IV

De bundel van de Ti:saffier laser kan in frequentie worden verdubbeld of verdrievoudigd met een harmonische generator. Op deze manier kan laserlicht in het blauw en ultraviolet gegenereerd worden. In principe kan er dus, simultaan, ultraviolet, zichtbaar en infrarood licht worden uitgezonden door het lasersysteem. In de praktijk wordt er hier slechts één kleur tegelijk gebruikt.

5. VEILIGHEID

Het is van groot belang dat mogelijke gevaren en de te nemen voorzorgsmaatregelen goed bekend zijn bij alle gebruikers. Voorzorgsmaatregelen zoals beschreven in de handleidingen en in de laserveiligheidsrichtlijnen van de UU zullen worden gevolgd. Omdat de lasers over een breed spectraal gebied kunnen worden gebruikt, zullen veiligheidsbrillen met zorg moeten worden uitgekozen. Een lijst van aanwezige brillen, met de optische dichtheid en het golflengte gebied waarvoor ze gebruikt kunnen worden is weergegeven in tabel 1. Brillen zijn te vinden in kamer BBL- xxx. De plaats is aangegeven in figuur 1.

A. Veiligheidsmaatregelen

- 1 Alle gebruikers hebben kennis genomen van dit rapport en de schriftelijke basisinstructies laserveiligheid ontvangen.
- 2 Alle gebruikers hebben een keuring van beide ogen gehad.
- 3 De lasers worden gebruikt in een optisch geïsoleerde ruimte. Entree is alleen mogelijk via een lichtsluis.
- 4 De hoofdingang van het laserlaboratorium is uitgerust met een waarschuwingslicht dat automatisch aangaat als de voeding van een laser aangaat.
- 5 Op de deur naar het laserlaboratorium zal een wettelijk goedgekeurd waarschuwingsbord worden geplaatst. De classificatie van de lasers zal duidelijk worden aangegeven op de lasers.
- 6 De laserbundel zal zoveel mogelijk door optisch dichte pijpen geleid worden.
- 7 Alle ongebruikte reflecties zullen gestopt worden met bundelstops of absorbeerdere ('beam stops' of 'beam dumps'). Er wordt op gelet dat de bundels niet uit de optisch geïsoleerde ruimte kunnen komen. In de praktijk betekent dit dat de bundels niet van de optische tafel mogen komen.
- 8 De voeding van de Ar-ionen laser is beveiligd met een sleutel. Alleen als deze sleutel in de 'ON' positie staat kan de laser gebruikt worden.
- 9 Het uitlijnen van de lasers gebeurt met minimaal benodigde intensiteit. Uitlijnprocedures worden beschreven in de handleidingen van de lasers.
- 10 Het dragen van de juiste laserveiligheidsbrillen is verplicht, tenzij de gehele opstelling optisch afgeschermd is. (Er zijn situaties, bijvoorbeeld tijdens het uitlijnen van de Ti:saffier lasers, waar het dragen van een veiligheidsbril het werk aanzienlijk bemoeilijkt of onmogelijk maakt. In die gevallen kan met hoogst mogelijke voorzichtigheid van bovenstaande regel worden afgeweken.)
- 11 Het dragen van glimmende sieraden zoals ringen en horloges is niet toegestaan tenzij de GEHELE opstelling optisch is afgeschermd.
- 12 Schoonmaakmiddelen voor optische componenten, zoals ethanol en aceton, mogen in verband met brandgevaar niet op de optische tafel worden bewaard.
- 13 Alleen geautoriseerde gebruikers mogen de lasers gebruiken. Maatregelen zullen worden genomen zodat ongeautoriseerd gebruik niet mogelijk is.

- 14 Buiten normale werkuren, 8.30 - 17.30 uur, mag er alleen met de lasers gewerkt worden als er twee of meer personen aanwezig zijn.
- 15 Bovenstaande veiligheidsmaatregelen zijn ook van kracht tijdens onderhoud aan de lasers. Onderhoud mag alleen gebeuren na toestemming van de lokale laserdeskundige. Van alle onderhoud wordt aantekening gemaakt in het logboek van de laser.
- 16 Met behulp van een optische fiber kan de laserbundel naar kamer BBL-xxx worden gebracht. Als dit gebeurt moet de deur van kamer BBL-xxx naar de gang op slot gedraaid worden en gelden alle bovenstaande veiligheidsvoorschriften onverkort ook voor kamer BBL-xxx.

B. Laser veiligheidsbrillen

Brillen worden bewaard in kamer BBL-xxx. De plaats is aangegeven in figuur I met een X.

TABEL 1.

Beschikbare laserveiligheidsbrillen, de optische dichtheid en het golflengtegebied waarvoor ze bruikbaar zijn.

Fabrikant	Model	Gebied	Aantal	Optische dichtheid
Uvex Laservision	L248	694 - 1320 nm	2	7+
Uvex Laservision	L348	694 - 1320 nm	1	7+
Lase-R Shield	F74-BG42	690 - 1300 nm	2	> 5

Kijk **NOOIT** direct in de bundel van de laser. Ook niet als je een laserveiligheidsbril draagt!

6. LAATSTE OPMERKING.

Alle veranderingen aan de lasers die resulteren in nieuwe gevaren of in een verandering van classificatie van de lasers moeten worden doorgegeven aan de Arbo- en Milieudienst.

Handtekening:
Lokale laserdeskundige

Datum:

Gezien en goedgekeurd:
de Arbo- en Milieudienst

Datum:

Bijlage 3

Voorbeeld korte schriftelijke instructies gebruik laser. Gebruikers van de laser dienen een exemplaar te krijgen van deze instructies.

Informatie voor lasergebruikers

Het werken met lasers **kan** gevaarlijk zijn. Het **hoeft** niet.

Wanneer voldoende technische maatregelen zijn getroffen om het gevaar te minimaliseren en tijdens het werken zekere basisregels in acht worden genomen kan veilig met lasers worden gewerkt.

Gerangschikt naar biologische effecten worden lasers ingedeeld in vier klassen.

Een volledig ongevaarlijke laser waarmee gedurende lange tijd in het oog kan worden geschoten is van klasse 1. Klasse-2 lasers zijn in de praktijk ook ongevaarlijk.

De lasers van klasse-3 en -4 kunnen gevaar opleveren. Bij deze lasers kan ook een diffuse reflectie van de lichtbundel al schade aan de ogen veroorzaken. Het is dus zaak zorgvuldig met deze lasers om te gaan.

Aan de meetopstelling worden (afgezien van algemene beheersmaatregelen) de volgende eisen gesteld:

- Het bundelpad dient zo kort mogelijk te zijn.
- De niet gebruikte bundels dienen te worden gestopt met effectieve bundelstops.
- De paden van de laserbundels dienen zoveel mogelijk te worden afgeschermd met goed gefixeerde bundelpijpen.
- Alle bundelbeïnvloedende instrumenten (b.v. spiegels en lenzen) dienen gefixeerd te zijn zodat de laserbundel een vaste baan volgt.
- Ongebruikte (diffuse) reflecties dienen binnen het vlak van de optische tafel te worden opgevangen.
- De laserbundel dient zoveel mogelijk horizontaal gehouden te worden.

Voor het werken met de opstelling zijn de volgende voorschriften en aanbevelingen van belang:

- Een ieder die met de laseropstelling werkt moet een oogkeuring hebben ondergaan. (te regelen via de lokale laserdeskundige)
- De lasers mogen alleen worden bediend door daartoe bevoegde personen. Wie bevoegd is staat vermeld op de deur van de experimenteerkamer en in het veiligheidsrapport dat bij iedere laseropstelling aanwezig is (en dat een ieder die op de opstelling werkt geacht wordt gelezen te hebben).
- Wanneer buiten de normale werktijden met lasers wordt gewerkt moeten minstens twee personen bij de meetopstelling aanwezig zijn.
- Sommige onderdelen van lasers werken met hoge elektrische spanningen. Verwijder dus nooit beschermkappen van deze onderdelen en wees altijd bedacht op de aanwezigheid van onder spanning staande delen.
- Het is verboden in de bundel te kijken, ook niet naar speculaire en diffuse reflecties.
- Buk niet tot onder de bundelhoogte.

- Werk bij een zo hoog mogelijk kamerverlichtingsniveau.
- Behalve wanneer het experimenteren hierdoor absoluut onmogelijk wordt dient een geschikte laserbril te worden gedragen. Deze bril(len) is (zijn) bij de opstelling aanwezig.
- Het uitlijnen dient te geschieden bij een zo laag mogelijk vermogen (eventueel met een andere laser).
- Om potentieel gevaarlijke reflecties te voorkomen mogen tijdens het werken met de lasers geen horloges, ringen e.d. worden gedragen.
- Indien men met de bundel meekijkt loopt men extra gevaar door spiegelende reflecties te worden getroffen. Zet daarom indien mogelijk een scherm met diafragmaopening in de bundel om deze reflecties af te schermen.
- Let op onbedoelde parasitaire reflecties (b.v. bij beamsplitters). Bedenk dat ook transparante oppervlakken een deel van het opvallende licht reflecteren !
- Let bij b.v. Nd:Yag lasers op parasitaire (onzichtbare) golflengten die nog in de bundel aanwezig kunnen zijn.

ALLEEN in noodgevallen kan de laser worden uitgeschakeld via de grote rode noodschakelaar binnen naast de deur.

Verdere informatie en literatuur over lasers, lasergebruik en laserveiligheid is beschikbaar bij de lokale laserdeskundige.

Bijlage 4

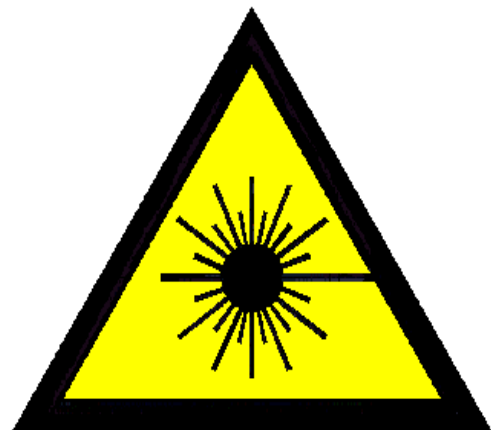
Waarschuwingsteken en tekstlabels conform IEC-825/ NEN 3011 zoals dienen te zijn aangebracht op alle lasers.

Kleuren:

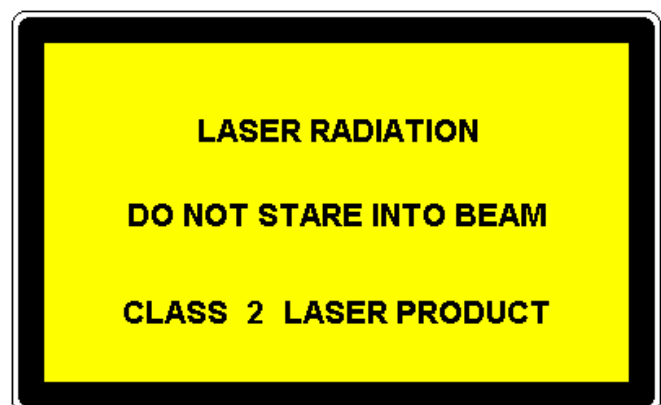
Hoofdkleur : geel

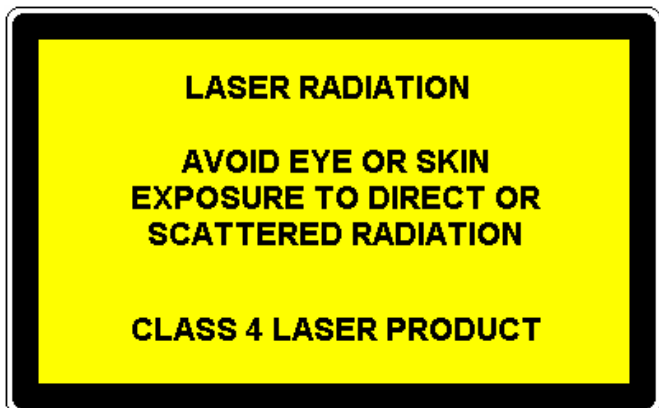
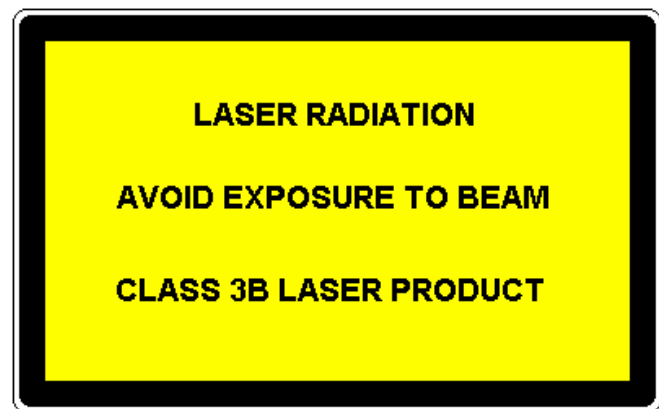
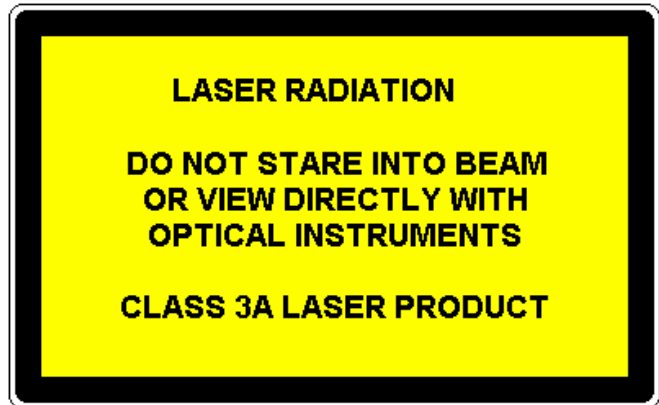
Figuren, letters en randen: zwart

Waarschuwingdriehoek voor alle klassen



Tekstlabels voor verschillende klassen van lasers





Bijlage 5.

Signalering buiten bij de toegangsdeur van een experimenteerruimte waar klasse 3 of klasse 4 lasers worden gebruikt.

Basiskleur: geel

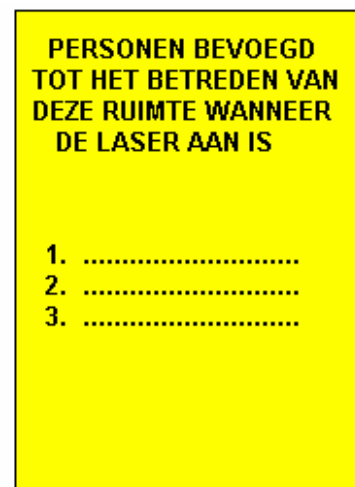
Letters en tekens: zwart

Lichtbak boven of naast de deur

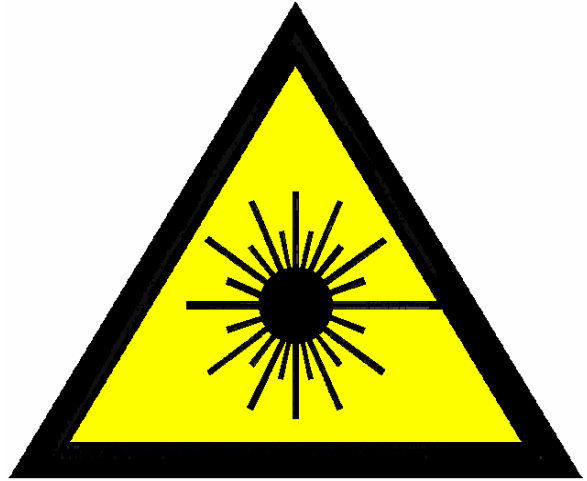
Gaat automatisch aan wanneer het laser-interlockcircuit wordt gesloten.



Tekst op de deur

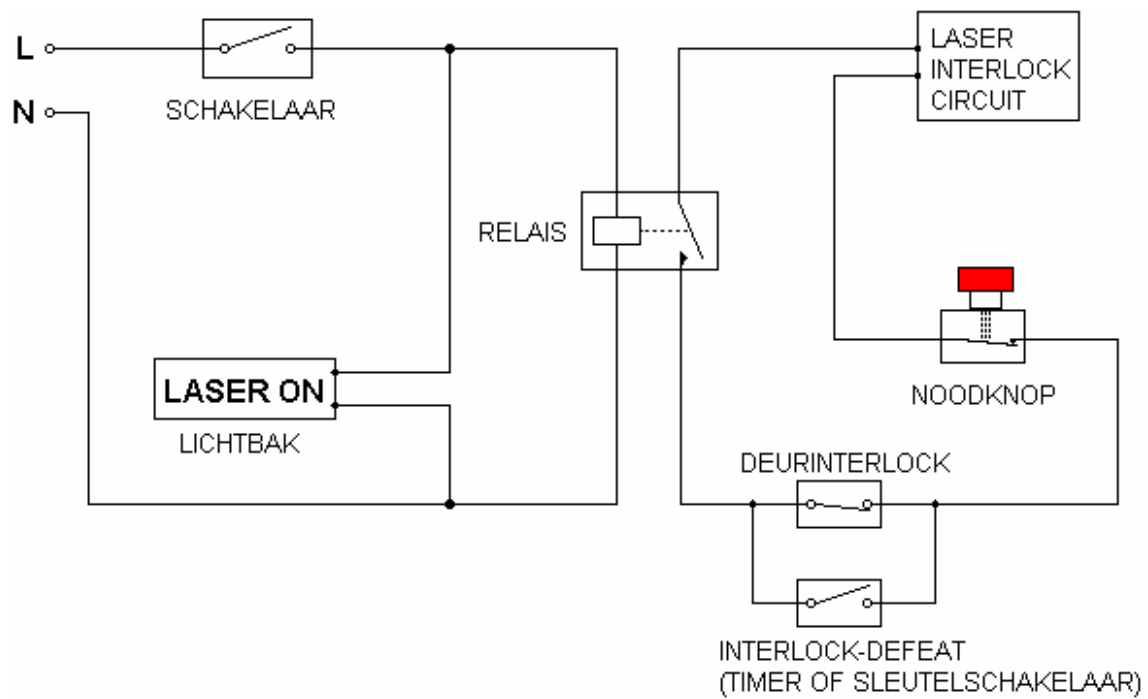


waarschuwingsteken volgens IEC-825/ NEN 3011 op de toegangsdeur



Bijlage 6

Praktisch voorbeeld van een interlock circuit.



Lichtbak: van Lien Noodverlichting Type TA-TL 400/230
tekstplaat lichtbak: Van Lien of Letterplex Utrecht