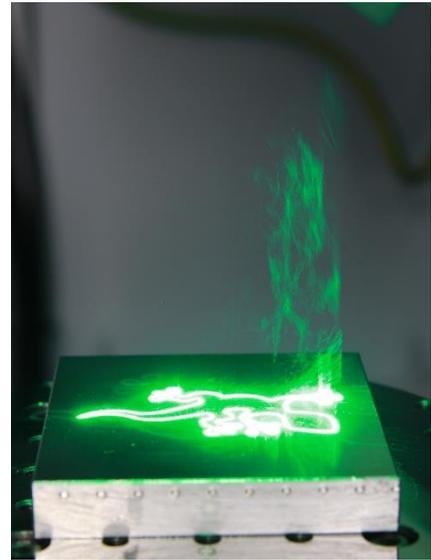


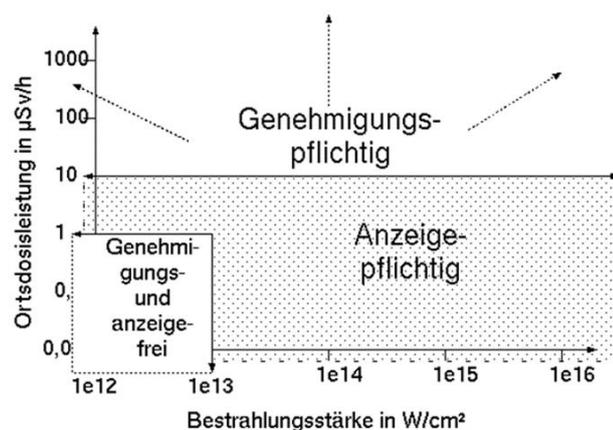
### Strahlenschutz bei der ultrakurzpuls-basierten Materialbearbeitung

Die Materialbearbeitung mittels ultrakurzen Laserpulsen ist mittlerweile ein wichtiger Industriezweig in Deutschland. Die gesamte Wertschöpfungskette von Laserquellen und Komponenten über Anlagenhersteller bis zum Anwender in Automotive, Maschinenbau oder gar Medizin ist in den letzten Jahren stark gestiegen. Nicht nur deshalb spielt die Forschung an Prozessen zur Materialbearbeitung auch in der Wissenschaft eine wichtige Rolle. Es werden hierbei typischerweise zwei Anlagenkategorien unterschieden. Geschlossene Anlagen, die üblicherweise für Produktion, aber auch für Forschung und Entwicklung eingesetzt werden, und offene Anlagen für die Forschung, die oftmals an Universitätsinstituten von studentischen oder wissenschaftlichen Kräften eigenständig aufgebaut wurden.



Es ist seit längerem bekannt, dass bei der Materialbearbeitung mittels Ultrakurzpulslaser eine Sekundäremission von ionisierender Strahlung auftreten kann. Dabei wird Röntgenstrahlung aus dem Bearbeitungsplasma emittiert, wobei je nach Bearbeitungsmaterial und den eingestellten Laser- und Prozessparametern eine große Varianz in der Ortsdosisleistung resultiert. In jedem Fall kann aber diese Emission eine bestimmte Ortsdosis überschreiten, die als gesundheitsgefährdend angesehen werden muss. Röntgenstrahlung ist potenziell in der Lage, die menschliche Erbinformation (DNA) zu schädigen, was zu langfristigen gesundheitlichen Schäden der bestrahlten Personen führt. Leider ist die Aufmerksamkeit und das Wissen um dieses Thema in Bezug zur UKPL-basierten Materialbearbeitung jedoch noch zu wenig verbreitet, was dazu führen kann, dass das Personal sich unnötigen Gefahren aussetzt und dies, obwohl Deutschland beim Thema Sicherheit mit dem aktuellen Strahlenschutzgesetz und der novellierten Strahlenschutzverordnung sowie den damit verbundenen Grenzwerten Vorreiter gegenüber anderen Ländern innerhalb Europas und der Welt ist.

Der Betrieb einer UKP-Laseranlage in Deutschland kann nach §12 bzw. §17 des Strahlenschutzgesetzes (StrlSchG) anzeige- oder genehmigungspflichtig sein oder auch keines von beidem (s. Grafik rechts). Wenn Sie nicht sicher sind, ob Ihr UKP-Laser aus der Anzeige- oder Genehmigungspflicht herausfällt, sollten Sie mit Ihrer örtlichen für das Strahlenschutzgesetz zuständigen Behörde Kontakt aufnehmen. Dabei wird Ihnen mitgeteilt, welcher Sachverhalt vorliegt und welche weiteren Schritte erforderlich sind. Sowohl im Anzeige- als auch Genehmigungsfall sind fachkundige Strahlenschutzbeauftragte (Fachkunde Typ GUKP) und ein Sachverständigengutachten erforderlich. Die Behörde nennt Ihnen einen geeigneten



# Strahlenschutz UKPL Anlagen

Sachverständigen. Im Genehmigungsfall (insbesondere offene Anlagen) bestehen weitere Anforderungen.

Die eingebrachten Regelungen haben bereits dafür gesorgt, dass die Schutzhäusung geschlossenen Anlagen so gebaut werden, dass die Sicherheit für das Personal gewährleistet ist. Eine Anzeige der entsprechenden Anlagen führt dann i.d.R. zu einem rechtssicheren Betrieb der Anlagen. Für offene UKPL-Anlagen müssen die Betreiber und das jeweilige Personal jedoch ebenfalls geschützt werden, da die ionisierende Strahlung nicht durch eine vorgegebene Schutzhäusung bis unter den Grenzwert abgeschwächt wird.

## Offenen Anlagen/Aufbauten

Analog zum Laserschutz können zum Schutz gegen die laserinduzierte ionisierende Strahlung aus UKPL-Bearbeitungsprozessen bestimmte wirksame technische und organisatorische Maßnahmen für offene Aufbauten abgeleitet werden, auf denen ein funktionierendes Strahlenschutzkonzept aufgebaut werden kann, und dessen Umsetzung das mit den Anlagen hantierende Personal effektiv schützen kann. Als allgemeine Richtlinien sollen die 3A-Regeln „Abschirmung, Abstand & Aufenthalt (Anwesenheit)“ angeführt werden.

### 1. Abschirmung verbessern

- Zum Schutz vor der bei der Materialbearbeitung mit UKP-Lasern entstehenden Röntgenstrahlung eignen sich insbesondere Eisenwerkstoffe oder Werkstoffe mit Materialien höherer Ordnung (alternativ auch Aluminium)
- Bereits 2 mm Edelstahl bieten ausreichend Schutz im Abstand von 50 cm
  - ➔ Geschlossene, röntgensichere Schutzhäusung (falls technisch möglich)
  - ➔ Mobile Wände mit Verriegelungsmöglichkeiten

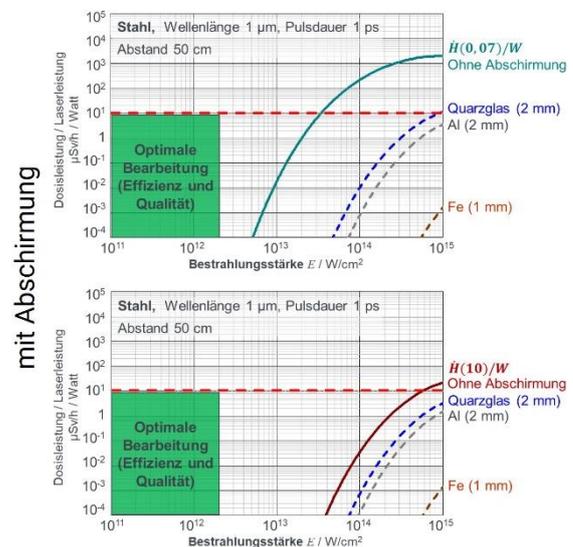
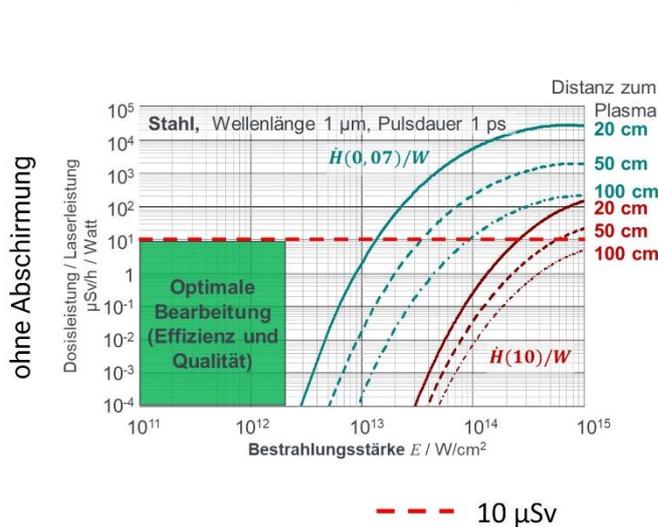


Diagramme: Die Kurven gelten für die in den Grafiken angegebenen Prozessparameter. (freundliche Freigabe durch Prof. Dr. R. Weber, Institut für Strahlwerkzeuge, IFSW)

### 2. Abstand vergrößern

- Die kugelförmige Ausbreitung der Strahlung sorgt dafür, dass die Strahlendosis mit dem Quadrat des Abstands zur Laserprozesszone bzw. zum laserinduzierten Plasma abnimmt
- Die Strahlungsenergiedichte wird zusätzlich mit dem Lambert-Beer'schen Absorptionsgesetz exponentiell über die „Eindringtiefe“ in der Luft abgeschwächt

- Besonders für niederenergetische bzw. weiche Röntgenstrahlung (< 10 keV) ist die Absorption und damit der Effekt der Abstandsdämpfung in Luft sehr effektiv
    - ➔ Mindestens 2 m Abstand zur Bearbeitungszone
    - ➔ Besser Remote-Bedienung von außerhalb
    - ➔ Mittels Tür-Überwachung und Walk-in-Access kann z.B. über Trittmatten oder Bewegungssensoren ein Starten des Laserprozesses verhindert werden
3. Aufenthalt minimieren
- Ortsdosis nimmt mit der Bestrahlungsdauer zu
    - ➔ Anwesenheit bei laufendem Prozess vermeiden (wenn unbedingt notwendig, auf Abschirmung, genügend Abstand oder geringe Bestrahlungsstärke achten)

Das Netzwerk „Ultrakurzpulslaser“ (UKPL-Innovationsnetzwerk, [www.ukpl-technologie.de](http://www.ukpl-technologie.de) ©2022) ist der nach unserem Kenntnisstand größte Zusammenschluss an Firmen und Forschungseinrichtungen, die sich mit der Thematik der Ultrakurzpulslaser (UKPL) – Bearbeitung von Materialien beschäftigen. Seit vielen Jahren werden die Technologie der Laser, die zugehörige Anlagentechnik sowie zahlreiche Fertigungsprozesse zur Materialbearbeitung entwickelt. Europa und hier vor allem Deutschland hat durch die enormen Anstrengungen in den vergangenen Jahren einen sehr guten Vorsprung vor allem gegenüber Asien aufbauen können. Durch dieses Schreiben hier möchten wir Aufklärungsarbeit z.B. an Hochschulen und Universitäten machen und an Sie alle appellieren: Wenn Sie mit offenen UKPL-Anlagen arbeiten, schützen Sie sich selbst und sorgen Sie auch für Rechtssicherheit beim Betrieb Ihrer Anlagen. Dies ist zwingend erforderlich, da aktuell das Bewusstsein für die entstehenden Gefahren oft noch nicht bei den Betreibern angekommen bzw. unklar ist, welche Schutzmaßnahmen zu ergreifen sind. Analog zu bestimmten Prinzipien der Lasersicherheit kann das oben gezeigte Strahlenschutzkonzept für offene Anlagen hier bereits für erheblichen Schutz des betreibenden Personals bieten.



### Referenzen:

- H. Legall et al., *Applied Physics A* **124**, 407 (2018), doi: 10.1007/s00339-018-1828-6
- R. Weber et al., *Applied Physics A* **125**, 635 (2019), doi: 10.1007/s00339-019-2885-1
- R. Behrens et al., *Radiation Protection Dosimetry* **183**, 361 (2019), doi: 10.1093/rpd/ncy126
- P. Mosel et al., *Materials* **14**, 4397 (2021), doi:10.3390/ma14164397
- J. Schille et al., *Materials* **14**, 4537 (2021), doi 10.3390/ma14164537