

Nutzung der Lasertechnik in der betrieblichen Praxis

Ergebnisse der standardisierten schriftlichen Befragung

Experten geben Auskunft über die Nutzung der Lasertechnik in der betrieblichen Praxis

Jochen Barthel ♦ Monika Kettler

Arbeitsbericht Nr. 51

ISBN 3-930241-54-0

ISSN 0945-9553

***Akademie für Technikfolgenabschätzung
in Baden-Württemberg***

Industriestr. 5, 70565 Stuttgart

Tel.: 0711/9063 - 0, Fax: 0711/9063 - 299

Die *Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg* gibt in loser Folge ausgewählte Zwischen- und Abschlußberichte von durchgeführten Forschungsprojekten als *Arbeitsberichte der Akademie* heraus. Diese Reihe hat das Ziel, der jeweils interessierten Fachöffentlichkeit und dem breiten Publikum Gelegenheit zu kritischer Würdigung und Begleitung der Arbeit der Akademie zu geben. Anregungen und Kommentare zu den publizierten Arbeiten sind deshalb jederzeit willkommen. Als Zitiervorlage gilt die gedruckte Fassung. Durch die Umwandlung ins PDF-Format können sich Seitenzahlen verschieben.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Lasertechnik in der Materialbearbeitung	1
2.1	Basisdaten	1
	Erster Einsatz der Lasertechnik.....	1
	Branche.....	2
	Betriebsgröße	2
2.2	Anlagenprofil	3
2.3	Nutzungsformen	5
	Anzahl der Anlagen	5
	Werkstoffe	5
	Verfahren.....	6
	Anteil der Lohnfertigung	7
2.4	Tätigkeitsspektrum der Anlagenbediener	8
	Aufgabenintegration im Tätigkeitsfeld der Bediener.....	8
	Aufgabenschwerpunkte der Bediener.....	9
3	Gefährdungspotentiale beim Einsatz der Lasertechnik	9
	Eigenschaften von Laseremissionen.....	10
	Betriebliche Einschätzungen der Gefährdungspotentiale bei der Lasernutzung.....	10
4	Sicherheitsstrategien	11
	Exkurs: Typische betriebliche Sicherheitsstrategien	11
4.1	Informationsverhalten bei der Lasernutzung	11
	Informationsquellen	11
	Nutzung der Informationsquellen.....	13
4.2	Qualifizierung der Anlagenbediener	14
4.3	Laserschutzbeauftragte	15
	Zusammenfassung	16
	Nutzungskontexte	16
	Sicherheitsstrategien.....	16
	Methoden	17
	Die standardisierte schriftliche Befragung.....	17
	Fallstudien	17
	Literatur	17

Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Einsatz der Lasertechnik in der industriellen Materialbearbeitung	2
Abb.2: Branchenverteilung der Betriebe	2
Abb. 3: Betriebsgrößenklassen	2
Abb.4: Wahrgenommene Nachteile der Lasertechnik	3
Abb.5: Alter der Anlagen.....	5
Abb.6: Anzahl der Laseranlagen pro Betrieb.....	5
Abb.7: Werkstoffspektrum.....	5
Abb.8: Werkstoffspektrum differenziert nach Anlagentyp.....	6
Abb.9: Anzahl der bearbeiteten Werkstoffgruppen pro Betrieb.....	6
Abb.10: Verfahrensspektrum.....	7
Abb.11: Anzahl der Verfahren.....	7
Abb.12: Anteil der Lohnfertigung	8
Abb.13: Tätigkeitsspektrum der Bediener von Laseranlagen.....	8
Abb.14: Aufgabenintegration in Betrieben unterschiedlicher Größe	9
Abb.15: Verteilungen innerhalb der Tätigkeitsschwerpunkte	9
Abb.16 Einschätzungen der Gefährdungspotentiale durch die Betreiber.....	10
Abb.17: Informationsquellen der Betreiber der Lasertechnik	12
Abb.18: Den Betreibern unbekannt Informationquellen.....	12
Abb.19: Häufigkeit der Nutzung von Informationsquellen	14
Abb.20 Methoden der Qualifizierung der Bediener der Laseranlagen	14
Abb.21: Ernennung von LSB in Betrieben unterschiedlicher Größe.....	15
Abb.22: Funktionen der Laserschutzbeauftragten	16

1 Einleitung

Die Lasertechnik wird für die Materialbearbeitung schon seit längerem als Schlüsseltechnik bezeichnet. Obwohl sie sich rasch in neue Einsatzfelder, Verfahrensbereiche und Leistungsdimensionen verbreitet, weiß man wenig darüber, in welchen Bereichen sie eingesetzt wird und wie die Formen ihrer Nutzung charakterisiert sind.

Es ist kaum bekannt, wie in Betrieben mit Gefährdungspotentialen umgegangen wird, die bei der Nutzung der Lasertechnik entstehen können. Neben den primären Gefährdungen durch den Laserstrahl sind es vor allem sekundäre Gefährdungen z. B. durch Rauch, Staub oder Gas, die bei der Bearbeitung der unterschiedlichen Werkstoffe auftreten können.

Zu beiden Themenbereichen sollen in diesem Arbeitsbericht Ergebnisse einer standardisierten schriftlichen Befragung im Sommer 1995 präsentiert werden.

Die Befragung war Teil des Projektes *Lasertechnik - Sicherheitsstrategien und Nutzungskontexte*, das in das EUREKA-Projekt *EU643 EUROLASER-Safety in the Industrial Applications of Lasers* und in das BMBF¹-Verbundprojekt *Sicherheitstechnische und medizinische Aspekte bei der Lasermaterialbearbeitung* eingebunden ist. Während sich die Partner im EUREKA-Projekt mit verschiedenen Sicherheitsaspekten beim Einsatz der Lasertechnik in der Materialbearbeitung befassen, konzentrieren sich die Projekte im BMBF-Verbund auf potentielle Gesundheitsgefährdungen durch Emissionen.

Im Zentrum des an der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg durchgeführten Projektes stehen drei Fragen:

- Wie und zu welchem Zweck wird die Lasertechnik in den Betrieben eingesetzt?
- Wie nehmen Betriebe (potentielle) Ge-

fährdungen im Zusammenhang mit dem Einsatz der Lasertechnik wahr?

- Wie versuchen die Betriebe, Arbeitssicherheit bei der Lasernutzung zu gewährleisten?

Wir wollen an dieser Stelle den Personen und Organisationen danken, die uns bei der Vorbereitung und Durchführung der Befragung unterstützten. Besonderer Dank gilt den Betrieben, die durch die Beantwortung unserer Fragen diesen Bericht erst möglich gemacht haben.

2 Lasertechnik in der Materialbearbeitung²

Die folgenden Ausführungen geben Antworten auf drei Fragen:

- Wer setzt Lasertechnik zur Materialbearbeitung ein?
- Wie sind die Lasieranlagen konfiguriert?
- Welche Nutzungsformen existieren für die Materialbearbeitung mit der Lasertechnik?
- Wie umfassend ist das Tätigkeitsfeld der Bediener von Lasieranlagen?

2.1 Basisdaten

Erster Einsatz der Lasertechnik

Die Lasertechnik wird seit Beginn der 70er Jahre mit steigender Tendenz in der Materialbearbeitung eingesetzt. Seit Mitte der 80er Jahre hat der Einsatz der Lasertechnik stark zugenommen.

Wie Abbildung 1 zeigt, sind seit 1985 in 83 % der Betriebe Lasieranlagen angeschafft worden, ein Großteil davon sogar erst in den 90er Jahren (insgesamt 50 %).

¹ Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie

² Wir weisen darauf hin, daß die Abbildungen z. T. – technisch bedingt – unterschiedliche Maßstäbe haben.

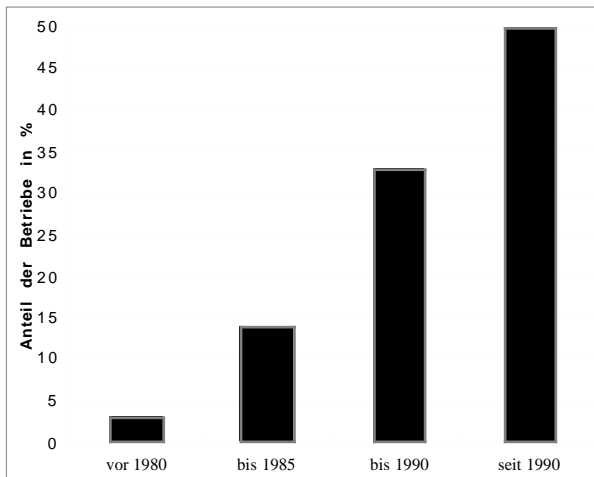


Abb.1: Einsatz der Lasertechnik in der industriellen Materialbearbeitung (Basis: n=298)

Ein Trend über die zukünftige Verbreitung der Lasertechnik kann aus diesen Ergebnissen nicht abgeleitet werden. Einerseits läßt sich die Entwicklung der Lasertechnik nur über eine Zeitspanne von 25 Jahren beobachten, andererseits sind Prognosen über die Entwicklung neuer Technologien aufgrund der schnellen und dynamischen Entwicklungen grundsätzlich schwierig.

Branche

Eingesetzt wird die Lasertechnik in fast allen Branchen des verarbeitenden Gewerbes. Entsprechend der Klassifikation des statistischen Bundesamtes (1995)³ sieht die Branchenverteilung wie folgt aus.

Die überwiegenden Einsatzgebiete befinden sich in den Branchen, die Metall be- oder verarbeiten. Ein ebenfalls hoher Anteil entfällt auf die Jobshops. Alle übrigen Branchen liegen unter 5 % und sind deshalb in einer Kategorie *Sonstige* zusammengefaßt worden. Hierunter verbergen sich die Branchen Textilgewerbe, Ledergewerbe, Holzgewerbe, Papiergewerbe, Chemische Industrie, Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren, Verarbeitung

von Steinen und Erden, Metallherzeugung und -bearbeitung, Rundfunk-, Fernseh- und Nachrichtentechnik sowie Medizin-, Meß- und Steuerungstechnik.

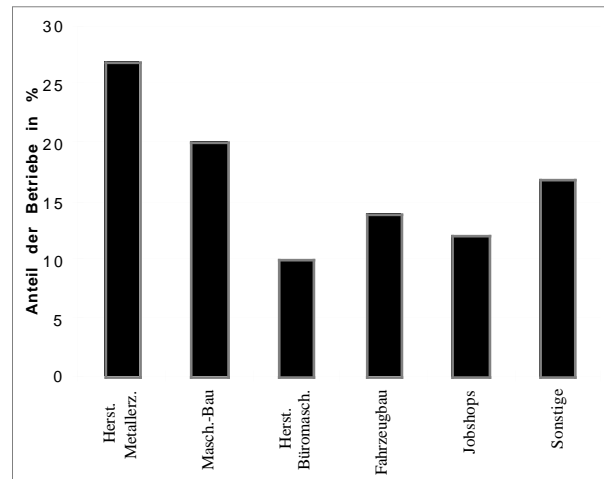


Abb.2: Branchenverteilung der Betriebe (Basis: n =283)

Betriebsgröße

Für die Betriebsgröße läßt sich eine bimodale Verteilung feststellen.

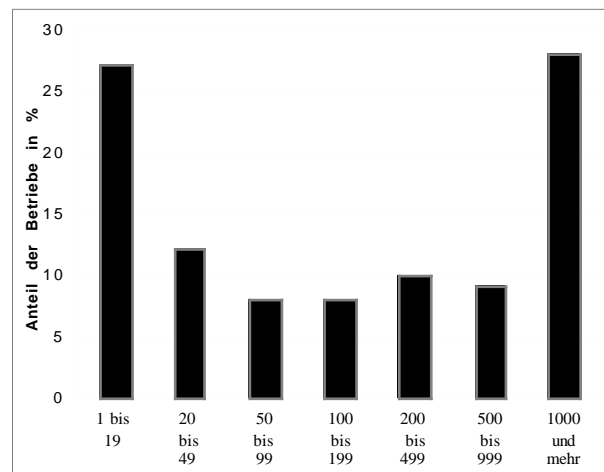


Abb. 3: Betriebsgrößenklassen (Basis: n= 290)

Die Lasertechnik wird überwiegend in Kleinbetrieben mit weniger als 20 und in Großbetrieben mit mehr als 1000 Beschäftigten eingesetzt. Die mittelgroßen Betriebe sind im Vergleich zu diesen beiden Größenklassen relativ gering vertreten.

Unter den Kleinbetrieben sind viele Jobshops

³ Wir haben aufgrund der besonderen Situation der Laserlohnfertigung die Kategorie Jobshop hinzugefügt.

zu finden. Die meisten Großbetriebe finden sich im Fahrzeugbau. Die übrigen Branchen verteilen sich gleichmäßig über die Betriebsgrößenklassen.

Vergleicht man dieses Ergebnis mit der amtlichen Statistik für alle Betriebe des verarbeitenden Gewerbes, läßt sich feststellen, daß in unserer Stichprobe Kleinbetriebe stark unter- und Großbetriebe stark überrepräsentiert sind. Die mittleren Betriebe sind leicht überrepräsentiert.⁴

Dieses Ergebnis läßt sich wahrscheinlich darauf zurückführen, daß hohe Investitionskosten eine Barriere für die Anschaffung von Laseranlagen darstellen. Großbetriebe verfügen noch am ehesten über die dazu notwendigen Ressourcen.

Diese Vermutung läßt sich durch zusätzliche Ergebnisse unterstützen. So wurde in den laseranwendenden Betrieben u. a. auch gefragt, welche Nachteile mit dem Einsatz der Lasertechnik verbunden sind. Am häufigsten wurden hier die hohen Kosten als besonders nachteilig angesehen. Einen Überblick darüber gibt Abbildung 4:

Sowohl die Investitionskosten (in 83 % der Betriebe) als auch die Betriebs- und Instandhaltungskosten (in 63 % der Betriebe) werden als besonders nachteilig angesehen. Von wenigen Betrieben werden Belastungen für Gesundheit und Umwelt als Nachteil der Laserbearbeitung eingestuft (20 %).

Es lassen sich keine Zusammenhänge zwischen der Einschätzung der Nachteile und der Branche bzw. Betriebsgröße feststellen.

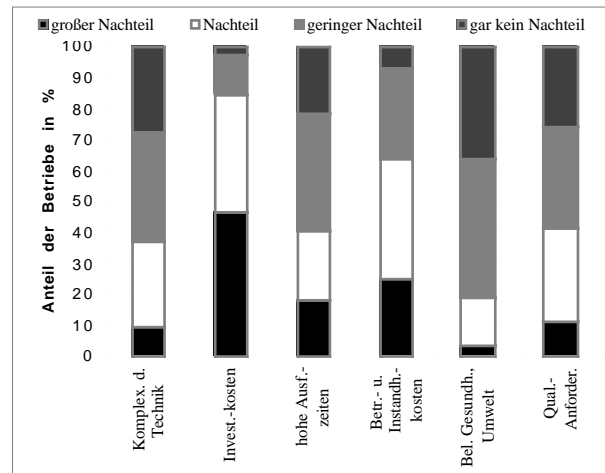


Abb.4: Wahrgenommene Nachteile der Lasertechnik (Basis: n=269)

2.2 Anlagenprofil⁵

In der industriellen Materialbearbeitung werden am häufigsten CO₂-Laser (etwa zwei Drittel) und Festkörperlaser (etwa ein Drittel) eingesetzt. Andere Lasertypen spielen eine untergeordnete Rolle und werden deshalb im folgenden vernachlässigt.

In den meisten Betrieben ist nur ein Anlagentyp vorhanden. So haben 67 % der Betriebe nur CO₂-Laser im Einsatz und 25 % nur Festkörperlaser. Nur in 8 % der Betriebe werden sowohl CO₂-Laser als auch Festkörperlaser zur Materialbearbeitung eingesetzt.

CO₂-Laser sind überdurchschnittlich häufig in der Branche *Herstellung von Metallzeugnissen* zu finden. In der *Medizin-, Meß- und Steuerungstechnik* sind sie dagegen seltener im

⁴ Für 1992 zeigt sich folgende Verteilung: 1 bis 19 Beschäftigte 87 %, 20 bis 49 Beschäftigte 7 %, 50 bis 99 Beschäftigte 3 %, 100 bis 199 Beschäftigte 2 %, 200 bis 499 Beschäftigte 1 %, 500 bis 999 Beschäftigte und mehr als 1000 Beschäftigte unter 1 %. (Statistisches Bundesamt (1992) eigene Berechnungen)

⁵ Die Betriebe sollten für die drei am häufigsten eingesetzten Anlagen detaillierte Angaben über das Anlagenprofil machen. So konnte ein guter Überblick über typische Anlagenprofile ermittelt werden. Dem ging die Annahme voraus, daß mit drei Anlagen ein Großteil der zur Materialbearbeitung genutzten Laser erfaßt wird. Ein Mittelwert von 2,5 Anlagen pro Betrieb, die Erfassung von 70 % der eingesetzten Anlagen und die Feststellung, daß 77 % der Betriebe bis zu drei Anlagen einsetzen, stützen die Annahme. Es konnten insgesamt 556 Anlagenprofile detailliert erfaßt werden.

Einsatz. Bei den Festkörperlasern ist es umgekehrt. Sie sind selten in der *Herstellung von Metallzeugnissen* zu finden, während sie sehr häufig in der *Medizin-, Meß- und Steuerungstechnik* eingesetzt werden. Ebenfalls häufig genutzt werden sie für die *Herstellung von Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten und -einrichtungen*; Elektrotechnik, Feinmechanik und Optik. In den übrigen Branchen ist der Anteil der CO₂-Laser und Festkörperlaser nahezu gleichverteilt.

Die Leistung der Anlagen bewegt sich in einem Spektrum zwischen 10 W und 12 kW. Am häufigsten werden Laser mit geringer Leistung (bis 1 kW) oder mittlerer Leistung (1 bis 3 kW) zur Materialbearbeitung eingesetzt. Sie machen insgesamt einen Anteil von über 90 % aus. Hochleistungslaser kommen derzeit in der Materialbearbeitung kaum zum Einsatz. In Ausnahmefällen sind sie in Großbetrieben mit mehr als 1000 Beschäftigten zu finden.

Festkörperlaser sind besonders häufig in der Leistungsklasse bis 1 kW zu finden (93 %), während der größte Anteil der CO₂-Laser eine Leistung zwischen 1 und 3 kW bringt (68 %). Hochleistungslaser und Laser mit niedriger Leistung machen unter den CO₂-Lasern jeweils etwa einen Anteil von 16 % aus.

Die Laseranlagen werden in den meisten Fällen als *stand-alone*-Techniken installiert. Die Integration in eine Produktionslinie oder eine Fertigungsinsel ist als Ausnahme anzusehen.

Bei den meisten Anlagen handelt es sich um Portalanlagen. Sie machen einen Anteil von 46 % aus. Laser-Stanz-Anlagen sind nur in 11 % der Betriebe vorhanden und robotergeführte Anlagen nur in 6 %. Einen ebenfalls großen Anteil von 38 % machen sonstige Anlagenkonfigurationen aus. Dieser Konfigurationstyp umfaßt alle Laseranlagen, die sich nicht eindeutig zuordnen lassen, weil sie in den meisten Fällen von den Betreibern selbst konfiguriert und installiert worden sind oder nachträglich mit Peripherieanlagen erweitert wurden.

Interessant ist die Differenzierung nach CO₂-Lasern und Festkörperlasern. Bei den CO₂-Lasern handelt es sich im Vergleich zu den Festkörperlasern häufig um Portal- oder Laser-Stanz-Anlagen. Robotergeführte und sonstige Anlagen sind bedeutend seltener, während diese bei der Konfiguration der Festkörperlaser besonders häufig vorzufinden sind. Dagegen gibt es unter den Festkörperlasern nur wenige Portalanlagen und überhaupt keine Laser-Stanz-Anlagen.

Als Standard für technische Peripherieeinrichtungen können Absauganlagen angesehen werden. Sie gehören bei 93 % der Anlagen zur Ausrüstung. Bei den 7 %, die über keine Absaugung verfügen, handelt es sich überwiegend um Festkörperlaser. Entsorgt werden die meisten Absauganlagen im Abluftverfahren, während etwa ein Viertel der Betriebe Laseranlagen mit Umluftbetrieb einsetzt.

Gut die Hälfte der Anlagen verfügen zusätzlich über eine Filtereinrichtung. Partikelfilter werden sowohl für CO₂-Laser als auch für Festkörperlaser genutzt. Aktivkohlefilter werden eher bei Festkörperlasern eingesetzt.

Bei den Informationen zur Gefahrenklasse fällt auf, daß für 36 % der Anlagen keine Angaben gemacht wurden. Für die verbleibenden Anlagen werden gut die Hälfte der Gefahrenklasse 4 zugeordnet. Knapp die Hälfte gehören zur Gefahrenklasse 1⁶. Andere Gefahrenklassen sind mit insgesamt 3 % kaum erwähnenswert.

Bei den zur Materialbearbeitung eingesetzten Lasern handelt es sich überwiegend um neue Anlagen. Sie sind im Schnitt knapp fünf Jahre alt. Es gibt nur wenige Anlagen, die über zehn Jahre alt sind. Die älteste Anlage in den von uns befragten Betrieben ist 18 Jahre alt.

⁶ Da für uns in erster Linie die Produktionsbedingungen relevant sind, werden in dieser Kategorie auch die Anlagen berücksichtigt, die von Klasse 4 auf 1 heruntergestuft wurden, da der Strahl während der Bearbeitung vollständig gekapselt wurde.

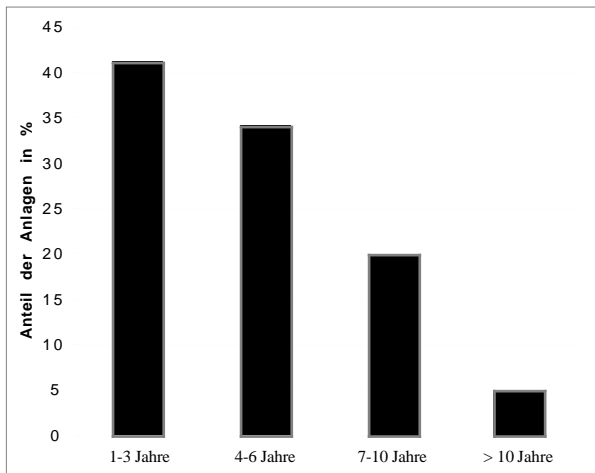


Abb.5: Alter der Anlagen (Basis: n=501)

Es läßt sich kein Zusammenhang zwischen dem Alter der Anlage und dem Einsatz von Filtereinrichtungen feststellen. Das bedeutet, daß bei neueren Anlagen nicht häufiger Filter installiert sind als bei älteren.

2.3 Nutzungsformen

Anzahl der Anlagen

In einigen Betrieben sind mehrere Anlagen vorhanden. Es stellt sich die Frage, wieviele Laseranlagen pro Betrieb zur Materialbearbeitung eingesetzt werden. Die Verteilung der Anlagen auf die Betriebe sieht folgendermaßen aus.

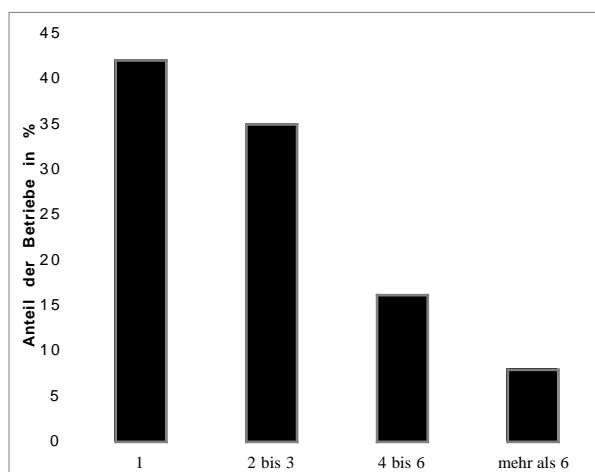


Abb.6: Anzahl der Laseranlagen pro Betrieb (Basis: n= 298)

Insgesamt setzen 42 % der Betriebe nur eine

Anlage für die Materialbearbeitung ein. 35 % betreiben zwei bis drei Anlagen, 16 % vier bis sechs Anlagen und nur 8 % setzen mehr als sechs Anlagen zur Materialbearbeitung ein. Durchschnittlich werden pro Betrieb zwei bis drei Laseranlagen eingesetzt.

Die Betriebe, die sowohl CO₂- als auch Festkörperlaser einsetzen, verfügen überdurchschnittlich oft über mehr als vier Anlagen.

Werkstoffe⁷

In den meisten Betrieben werden häufig metallische Werkstoffe bearbeitet. An der Spitze liegen CrNi-Stähle, die in 74 % der Betriebe mit dem Laser bearbeitet werden. Dieses Ergebnis verdient wegen der Emissionen besondere Beachtung. Aber auch Kunststoffe werden in 30 % der Betriebe mit dem Laser bearbeitet. Die sonstigen organischen sowie die anorganischen Werkstoffgruppen werden in nur wenigen Betrieben bearbeitet und wurden deshalb jeweils zusammengefaßt.

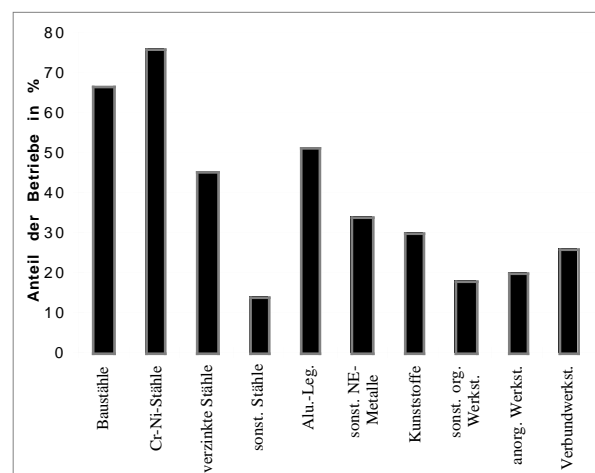


Abb.7: Werkstoffspektrum (Basis: n=297)

Es sind Unterschiede in der Häufigkeit der Bearbeitung verschiedener Werkstoffgruppen festzustellen, wenn man zwischen den Betrieben differenziert, die mit CO₂-Lasern bzw.

⁷ Für die folgenden Verteilungen gilt, daß ein hoher Anteil an Betrieben nicht zwangsläufig gleichzusetzen ist mit einer entsprechend häufigen Bearbeitung der Werkstoffgruppen.

Festkörperlasern arbeiten.

So werden in jeweils gut 80 % der Betriebe, die CO₂-Laser einsetzen, häufig Baustähle und CrNi-Stähle bearbeitet. In 53 % der Betriebe werden verzinkte Stähle oder Aluminium bearbeitet und nur in 20 % der Betriebe wird mit einem CO₂-Laser Kunststoff bearbeitet.

In 70 % der Betriebe, die Festkörperlaser einsetzen, werden ebenfalls häufig CrNi-Stähle bearbeitet. Der Anteil der Betriebe, die NE-Metalle bearbeiten ist hier bedeutend höher als für CO₂-Laser. So werden in 45 % der Betriebe Aluminium und in 56 % der Betriebe sonstige NE-Metalle bearbeitet. Kunststoff wird in 44 % der Betriebe mit Festkörperlasern bearbeitet. Baustähle werden dagegen nur in 36 % der Betriebe mit einem Festkörperlaser bearbeitet und verzinkte Stähle in 26 %. Die folgende Abbildung gibt das bearbeitete Werkstoffspektrum wieder, differenziert nach Anlagentyp.

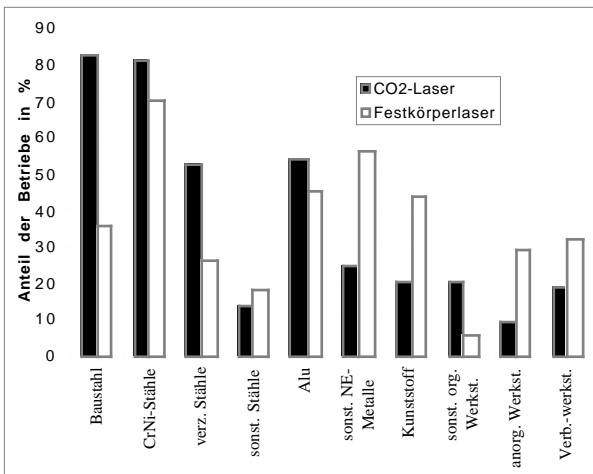


Abb.8: Werkstoffspektrum differenziert nach Anlagentyp (Basis: n=245)

53 % der Betriebe bearbeiten zwischen zwei und vier Werkstoffgruppen mit dem Laser. Aber auch die Bearbeitung von nur einer Werkstoffgruppe ist mit einem Anteil von 14 % erwähnenswert. Mehr als vier Werkstoffgruppen werden bedeutend seltener bearbeitet. Durchschnittlich werden pro Betrieb vier Werkstoffgruppen bearbeitet.

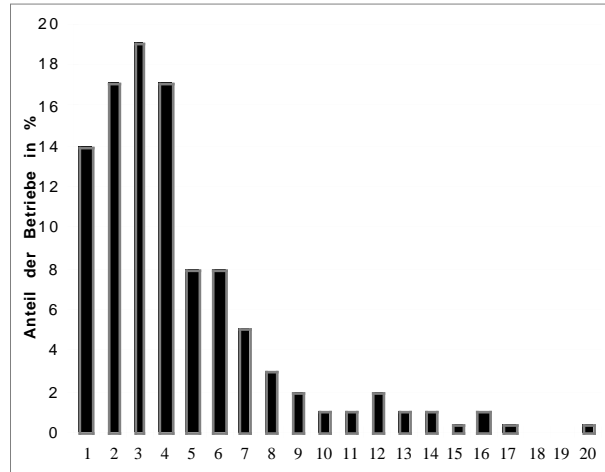


Abb.9: Anzahl der bearbeiteten Werkstoffgruppen pro Betrieb (Basis: n=297)

Es läßt sich ein Zusammenhang zwischen der Anzahl der bearbeiteten Werkstoffgruppen und der Branche feststellen. In den Jobshops ist die Anzahl der bearbeiteten Werkstoffgruppen häufig höher. So sind hier einige Betriebe wiederzufinden, die mehr als vier Werkstoffgruppen bearbeiten. In den Betrieben des Fahrzeugbaus wird demgegenüber häufig nur eine Werkstoffgruppe bearbeitet. In den anderen Branchen werden durchschnittlich zwei bis vier Werkstoffgruppen bearbeitet. Lohnfertiger setzen insgesamt mehr verschiedene Werkstoffgruppen ein als die Betriebe, die mit der Lasertechnik vorwiegend eigene Produkte fertigen.

Ein weiterer Zusammenhang läßt sich zwischen der Anzahl der bearbeiteten Werkstoffgruppen und der Anzahl der Laseranlagen feststellen. So werden mehr als vier Werkstoffgruppen häufig in Betrieben bearbeitet, die über mehr als vier Laseranlagen verfügen.

Verfahren⁸

Die Lasertechnik zeichnet sich insbesondere durch ihre flexiblen Nutzungsmöglichkeiten aus. Obwohl eine Vielzahl von Bearbeitungs-

⁸ Für die folgenden Verteilungen gilt, daß ein hoher Anteil an Betrieben nicht zwangsläufig gleichbedeutend ist mit einem hohen Anteil des Verfahrens beim Einsatz der Lasertechnik.

verfahren mit der Lasertechnik durchgeführt werden können, ist Schneiden das am weitesten verbreitete Verfahren. In 73 % der Betriebe wird mit dem Laser geschnitten.

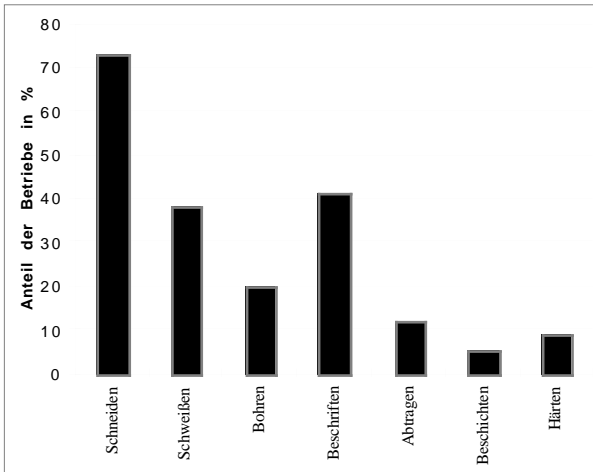


Abb.10: Verfahrensspektrum (Basis: n=298)

Ebenfalls zu den verbreiteten Verfahren gehören Beschriften und Schweißen. Sie werden in etwa 40 % der Betriebe eingesetzt. Nennenswert sind noch Bohren (in 20 % der Betriebe) und Abtragen (in 10 % der Betriebe). Alle weiteren Anwendungen haben lediglich Nischencharakter.

Fast die Hälfte der Betriebe setzen nur ein Verfahren ein. Häufig handelt es sich hierbei um Schneiden. Nahezu gleich häufig werden zwei bis drei Verfahren eingesetzt. Es gibt nur wenige Betriebe, die vier oder mehr Verfahren einsetzen.

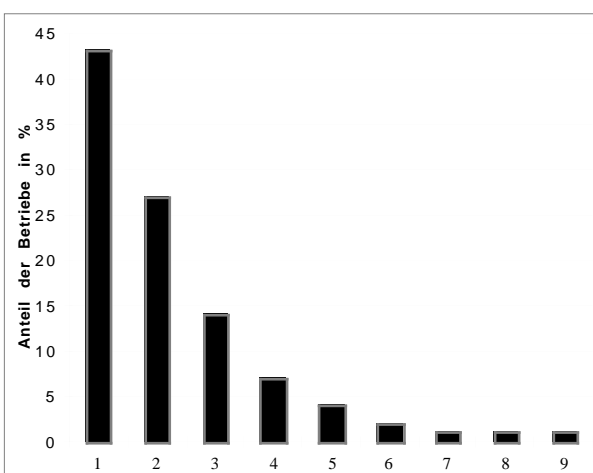


Abb.11: Anzahl der Verfahren (Basis: n=298)

Auffallend ist, daß die Betriebe, die sowohl CO₂- als auch Festkörperlaser zur Materialbearbeitung nutzen, häufig mehr als vier Verfahren einsetzen. Das läßt sich darauf zurückführen, daß in diesen Betrieben häufig mehrere Laseranlagen im Einsatz sind. Denn auch zwischen der Anzahl der Laseranlagen und der Anzahl der eingesetzten Verfahren läßt sich ein Zusammenhang feststellen. Mehr als vier Verfahren werden oft in Betrieben angewandt, die auch mehr als vier Laseranlagen für die Materialbearbeitung nutzen.

Ist nur eine Laseranlage vorhanden, wird oft auch nur ein Verfahren eingesetzt. Dies geschieht insbesondere in Großbetrieben mit mehr als 1000 Beschäftigten. Auf einer Anlage werden nur in Ausnahmefällen mehr als vier Verfahren durchgeführt.

Werden in einem Betrieb mehrere Verfahren eingesetzt, so lassen sich weiterhin Unterschiede bei der Betriebsgröße erkennen. In den meisten Kleinbetrieben wird mit dem Laser geschnitten, aber auch die übrigen Verfahren werden eingesetzt. In den meisten mittelgroßen Betrieben wird ebenfalls am häufigsten geschnitten, am zweithäufigsten wird beschriftet. Auch in den Großbetrieben ist Schneiden am weitesten verbreitet. An zweiter Stelle steht hier aber das Schweißen.

Anteil der Lohnfertigung

Betrachtet man den Anteil der Lohnfertigung innerhalb der Betriebe, stellt sich folgendes Bild dar.

Es zeigt sich, daß Lasertechnik überwiegend zur Fertigung eigener Produkte eingesetzt wird. Lohnfertigung macht nur etwa ein Drittel der internen Nutzung aus. Nur in Ausnahmefällen wird Lasertechnik zu gleichen Anteilen für Lohnfertigung und die Fertigung eigener Produkte eingesetzt. Diese Nutzungsform ist nahezu ausschließlich in der Branche Herstellung von Metallerezeugnissen zu finden.

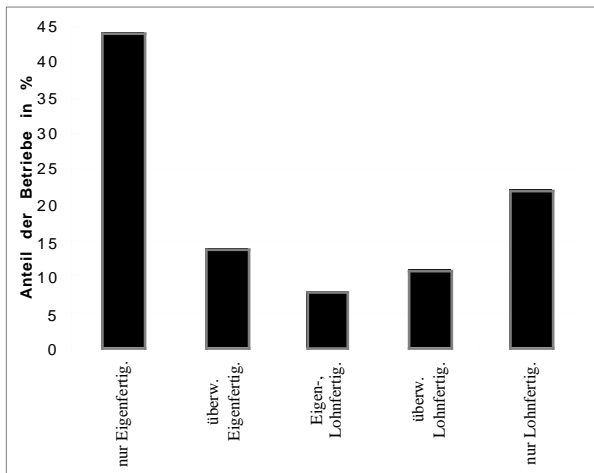


Abb.12: Anteil der Lohnfertigung (Basis: n=297)

Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem Anteil der Fertigung für eigene Produkte bzw. der Lohnfertigung und der Betriebsgröße. So ist in Kleinbetrieben der Anteil an Lohnfertigung relativ hoch. Dies resultiert vor allem daraus, daß ein großer Anteil der Kleinbetriebe Jobshops sind, die ausschließlich Lohnfertigung anbieten. In den übrigen Betrieben überwiegt der Anteil der Fertigung für eigene Produkte.

2.4 Tätigkeitsspektrum der Anlagenbediener

Die Betriebe sollten angeben, in welchem Umfang verschiedene Tätigkeiten von den Bedienern der Laseranlagen durchgeführt werden. Es zeigt sich, daß diese ein sehr umfangreiches und verantwortungsvolles Tätigkeitsspektrum haben.

In über 80 % der Betriebe sind sie jeweils vollständig oder zum großen Teil zuständig für die Werkstückhandhabung und Beschickung, den Programmabruf, das Umrüsten und Einrichten der Maschinen, das Einstellen der Bearbeitungsparameter und die Reinigung der Anlage.

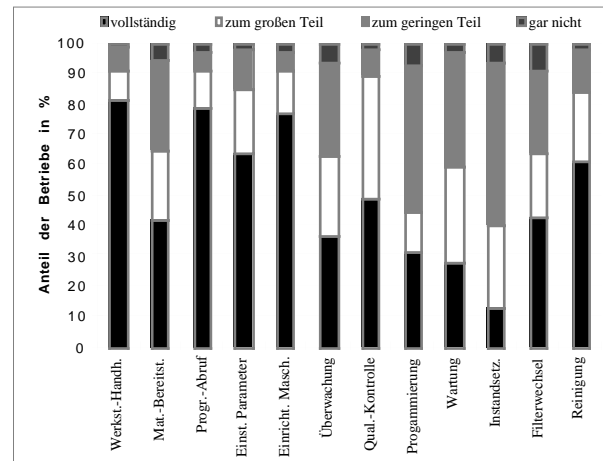


Abb.13: Tätigkeitsspektrum der Bediener von Laseranlagen (Basis: n=298)

Aufgabenintegration im Tätigkeitsfeld der Bediener

Die Verteilungen in Abbildung 13 geben Hinweise darauf, daß sehr viele Aufgaben in das Tätigkeitsfeld der Bediener integriert sind. Die Aufgabenintegration wurde weiter aufgeschlüsselt. Dafür wurde für die zwölf Tätigkeiten eine Indexvariable gebildet, deren Spektrum von 0 bis 36 reicht. Kleine Werte bezeichnen eine geringe, große Werte eine umfassende Aufgabenintegration. Der untere Extremwert (0) würde bezeichnen, daß gar keine Aufgabe von den Bedienern durchgeführt wird, der obere Extremwert (36), daß alle Aufgaben vollständig von den Bedienern durchgeführt werden.

Der Mittelwert von 26,2 zeigt an, daß im Aufgabengebiet der Laseranlagenbediener viele Tätigkeiten integriert sind. Um die Verteilung der Betriebe darzustellen, wurde die Indexvariable gruppiert. In Betrieben mit Werten bis 12 Punkte ist danach eine geringe Integration zu erkennen. Eine mittlere Integration liegt bei Werten zwischen 13 und 24 Punkten vor. Betriebe mit 25 bis 36 Punkten haben eine hohe Aufgabenintegration.

Nur in sehr wenigen Betrieben zeigt das Tätigkeitsspektrum der Bediener eine niedrige Aufgabenintegration. In der Mehrzahl der Betriebe (62 %) findet sich eine hohe

Aufgabenintegration.

Die Aufgabenintegration nimmt mit zunehmender Beschäftigtenzahl im Betrieb ab. Es verschieben sich jedoch nur die Anteile der mittleren und hohen Aufgabenintegration. Auch in Großbetrieben findet sich nur äußerst selten ein niedrig integriertes Tätigkeitsfeld der Bediener der Laseranlagen.

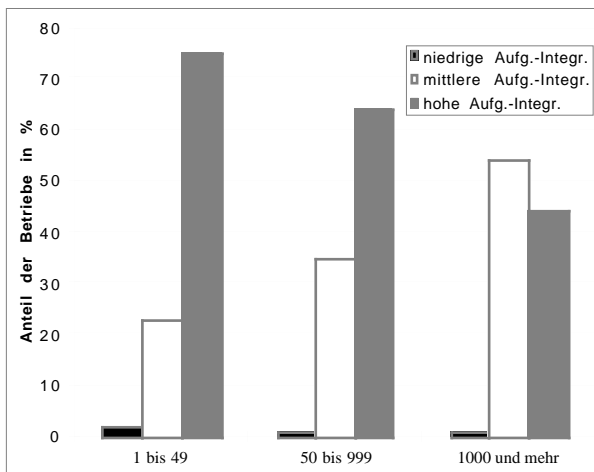


Abb.14: Aufgabenintegration in Betrieben unterschiedlicher Größe (Basis: n=289)

Aufgabenschwerpunkte der Bediener

Um die Aufgabenschwerpunkte der Bediener zu verdeutlichen, haben wir die einzelnen Tätigkeiten zu vier Tätigkeitsfeldern zusammengefaßt. Das Tätigkeitsfeld *Bedienung* umfaßt die Werkstückhandhabung und Beschickung, die Materialbereitstellung, den Programmabruf, die Auftragsüberwachung und die Qualitätskontrolle. Den letzten Punkt haben wir deshalb unter Bedienung eingeordnet, weil die Kontrolle der Qualität zunehmend in die Verantwortung der Bediener übergeht. Dies zeigt sich sehr deutlich in den Anteilen, die in Abbildung 13 *Tätigkeitsspektrum der Bediener von Laseranlagen* ausgewiesen sind.

Unter *Vorbereitung* haben wir Einstellen der Bearbeitungsparameter, Umrüsten und Einrichten der Maschine und die Programmierung gefaßt. Das Tätigkeitsfeld *Reinigung* faßt Filterwechsel und Reinigung der Anlage zusammen. Dieses Feld wurde wegen der

potentiellen Gefährdungen durch Emissionen gebildet. Beim Filterwechsel und bei der Reinigung der Anlage können Partikel freigesetzt oder aufgewirbelt werden, die die Gesundheit belasten. Das vierte Tätigkeitsfeld *Instandhaltung* umfaßt die Wartung und Instandsetzung der Laseranlagen.

Die Schwerpunkte im Tätigkeitsspektrum der Bediener liegen erwartungsgemäß bei der Bedienung. Auch die Vorbereitung und die Reinigung der Anlage haben einen hohen Anteil. Etwas geringer sind demgegenüber Aufgaben der Instandhaltung.

Betrachtet man die Verteilungen innerhalb der Tätigkeitsschwerpunkte, zeigt sich, daß die Bereiche Bedienung, Vorbereitung und Reinigung in fast allen Betrieben zum großen Teil oder vollständig von den Bedienern durchgeführt werden. Einzig für die Instandhaltung der Laseranlagen sind in 40 % der Betriebe die Bediener nur zum geringen Teil zuständig.

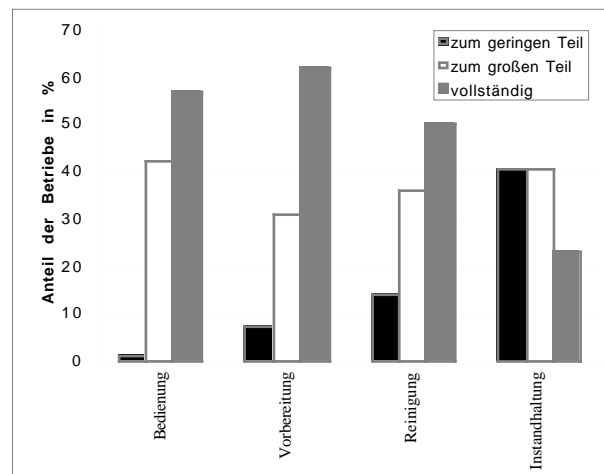


Abb.15: Verteilungen innerhalb der Tätigkeitsschwerpunkte (Basis: n=297)

Die Tätigkeitsschwerpunkte variieren bezüglich der Betriebsgröße kaum.

3 Gefährdungspotentiale beim Einsatz der Lasertechnik

Die Gefährdungspotentiale, die mit der Lasernutzung verbunden sein können, lassen sich unterscheiden in Primärgefährdungen (Gefähr-

dungen durch den direkten Laserstrahl) und Sekundärgefährdungen. Als Sekundärgefährdungen gelten:

- reflektierte oder gestreute Laserstrahlung,
- Emissionen,
- Hochspannungsaggregate,
- bewegliche Maschinenteile und
- falsches Materialhandling.

Gefährdungen durch den direkten oder indirekten Laserstrahl sind in der betrieblichen Praxis bekannt und werden berücksichtigt. Dies bestätigen auch die Ergebnisse unserer qualitativen Untersuchungen in 27 Betrieben.

Wir wollen uns im folgenden vor allem auf die Gefährdungspotentiale durch Emissionen konzentrieren.

Eigenschaften von Laseremissionen

Laseremissionen und die damit verbundenen Gefährdungspotentiale zeichnen sich z. T. dadurch aus, daß sie durch sinnliche Wahrnehmung nicht zu erkennen und durch die alltäglich gewonnenen Erfahrungen in ihrem Gefährdungspotential nur selten einzuschätzen sind. Die Phasen zwischen der Einwirkung der Gefahrstoffe und dem Auftreten gesundheitlicher Beeinträchtigungen sind meistens sehr lang.

Dies stellt die eingeübten Prozeduren des Arbeitsschutzes vor veränderte Herausforderungen. Beim Erkennen und Vermeiden von Gesundheitsrisiken durch die Einwirkung von Gefahrstoffen ist man insbesondere auf Informationen angewiesen, die mit wissenschaftlichen Methoden erarbeitet worden sind. Zunehmend wichtig für die betrieblichen Sicherheitsstrategien werden deshalb die Informationssuche und -verarbeitung.

Betriebliche Einschätzungen der Gefährdungspotentiale bei der Lasernutzung

Wir haben die Betriebe danach befragt, welche der möglichen Gefährdungen man ihrer

Erfahrung nach ernst nehmen sollte und welche vernachlässigt werden können.

Es zeigt sich, daß vor allem die laserspezifischen Gefährdungspotentiale beachtet werden. So sind 89 % der Betriebe der Meinung, daß Gefährdungspotentiale durch den direkten Laserstrahl bzw. durch gestreute oder reflektierte Laserstrahlung (87 %) ernst genommen bzw. berücksichtigt werden sollen.

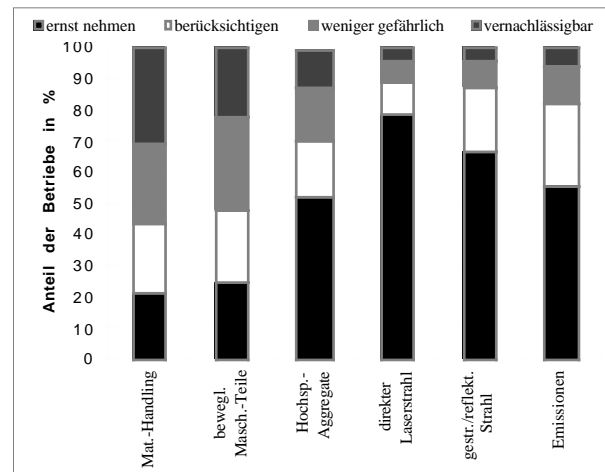


Abb.16 Einschätzungen der Gefährdungspotentiale durch die Betreiber (Basis: n=298)

82 % der Betreiber sehen auch die Emissionen als ernst zu nehmende bzw. zu berücksichtigende Gefährdungen an.

Etwas geringere Anteile finden sich für Gefährdungen durch Hochspannungsaggregate (70 %). Eher konventionelle Gefährdungen durch falsches Materialhandling (44 %) oder bewegliche Maschinenteile (48 %) finden weniger Aufmerksamkeit.

Obwohl ein hoher Anteil der Betreiber mögliche Gefährdungen als ernst zu nehmendes Problem einschätzt, ist dies kein entscheidendes Kriterium gegen die Nutzung der Lasertechnik.

Befragt nach unerwünschten Begleiterscheinungen beim Einsatz der Lasertechnik in der Materialbearbeitung haben lediglich 20 % der Betriebe die Belastungen für Gesundheit und Umwelt als Nachteil der Lasernutzung eingeschätzt.

4 Sicherheitsstrategien

Betrieblicher Arbeitsschutz beim Einsatz der Lasertechnik in der industriellen Materialbearbeitung ist nicht nur – so unsere Prämisse – eine technische Fragestellung. Gleichermaßen wichtig sind organisatorische und personelle Aspekte.

Im vorhergehenden Kapitel wurde bereits die technische Seite betrieblicher Arbeitssicherheit angesprochen. Im folgenden stehen organisatorische und personelle Aspekte im Vordergrund. Dies sind:

- die Informationsbeschaffung und -verarbeitung in Betrieben,
- die Qualifizierung der Bediener der Laseranlagen.

Emissionen werden von vielen Betreibern als Gefährdungsquellen angesehen. Es ist jedoch zu fragen, ob die Betreiber auch besondere Vorkehrungen für die Arbeitssicherheit treffen.

Wir können keine Hinweise dafür finden, daß der betriebliche Arbeitsschutz neue Vorgehensweisen entwickelt hat, die den Charakteristika von Gefährdungen durch Emissionen Rechnung tragen.⁹

Hintergrund dieser Einschätzungen sind die Ergebnisse der qualitativen Untersuchungen, wo wir feststellten, daß viele Betreiber Gefährdungspotentiale durch Emissionen nicht oder nur zeitlich befristet beachten.

Exkurs: Typische betriebliche Sicherheitsstrategien

Aus den verschiedenen betrieblichen Vorgehensweisen, die wir in 27 qualitativ untersuchten Betrieben vorfanden, haben wir drei Sicherheitsstrategietypen gebildet.

Die Betriebe, die unter dem Typ *reflexive Expertise* eingeordnet wurden, thematisieren Gefährdungspotentiale durch Emissionen

schon während der Planung. Dabei greifen sie auf unterschiedliche Informationsquellen zurück. Emissionen werden auch nach der Einführungsphase thematisiert. In diesen Betrieben ist man bestrebt, die neuesten Erkenntnisse aus der Forschung zu erhalten. Das eigene Vorgehen zur Gewährleistung von Arbeitssicherheit wird regelmäßig überprüft.

Die Betriebe des Strategietyps *einmalige externe Expertise* nehmen Gefährdungspotentiale durch Emissionen eher am Rande auf und thematisieren diese zeitlich begrenzt. Der Hersteller der Laseranlagen wird während der Beschaffung und Implementation der Anlage nach möglichen Problemen befragt. Läuft die Anlage problemlos, geraten die Emissionen und deren Gefährdungspotentiale in Vergessenheit. Andere Informationsquellen als der Hersteller werden in der Regel nicht berücksichtigt. Treten keine Probleme auf oder werden keine Anforderungen von der Berufsgenossenschaft oder der Gewerbeaufsicht formuliert, sieht man in diesen Betrieben keine Veranlassung, das bisherige Vorgehen zu überprüfen oder erneut Informationen einzuholen.

Eine dritte Gruppe von Betrieben – wir nennen diesen Strategietyp *erfahrungsgeleitete interne Expertise* – nutzt externe Informationsquellen nur in Ausnahmefällen. Diese Betriebe verbinden mit Emissionen, die bei der Materialbearbeitung mit der Lasertechnik entstehen, keine Gefährdungspotentiale. Sie verlassen sich auf ihre Erfahrungen, die sie bei anderen Techniknutzungen oder im Verlauf der Nutzung der Lasertechnik gemacht haben. Informationen zur Arbeitssicherheit werden nicht gesucht.

4.1 Informationsverhalten bei der Lasernutzung

Informationsquellen

Wir haben die Betriebe danach befragt, welche Informationsquellen sie – bezogen auf die Materialbearbeitung mit der Lasertechnik –

⁹ Vergleiche hierzu auch: Steffensen/Barthel (1996).

nutzen. Es sollten die genutzten Quellen angegeben werden, die für den Einsatz der Lasertechnik wichtig sind.

Hintergrund dieser weitgefaßten Formulierung der Frage war die Absicht, mögliche Vermittlungskanäle für Informationen zu identifizieren, um Hinweise für eine zukünftig verbesserte Information der Betreiber durch externe Organisationen geben zu können.¹⁰

Abbildung 17 zeigt die Verteilung der Informationsquellen, die von den Betreibern genutzt werden.

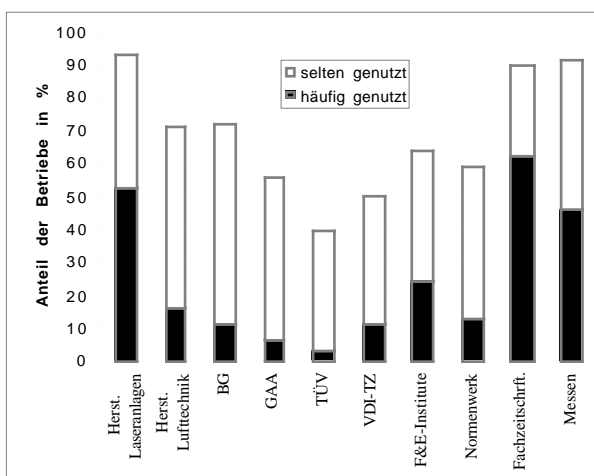


Abb.17: Informationsquellen der Betreiber der Lasertechnik (Basis: n=298)

Es zeigt sich die bedeutende Stellung der Hersteller von Laseranlagen. Sie nehmen, zusammen mit den Fachzeitschriften und Besuchen von Messen und Ausstellungen mit jeweils ca. 90 % die Spitzenstellung ein. Diese herausragende Stellung wird noch deutlicher, wenn man die Intensität der Nutzung berücksichtigt.

Demgegenüber werden die anderen Informationsquellen auffallend seltener genutzt.

Was bedeutet diese Verteilung für die Einschätzung des betrieblichen Informati-

onsverhaltens zur Arbeitssicherheit? Die Organisationen und das Normenwerk, die vor allem auch Hinweise zur Arbeitssicherheit anbieten, werden selten genutzt. Dies zeigt auch die folgende Abbildung von Informationsquellen, die den Betreibern unbekannt sind.

Die Aufsichtsinstitutionen Berufsgenossenschaften und Gewerbeaufsicht, die sich hauptsächlich mit betrieblichem Arbeitsschutz befassen, sind in 24 % bzw. 38 % der Betriebe als Informationsquellen für die Nutzung der Lasertechnik nicht bekannt.

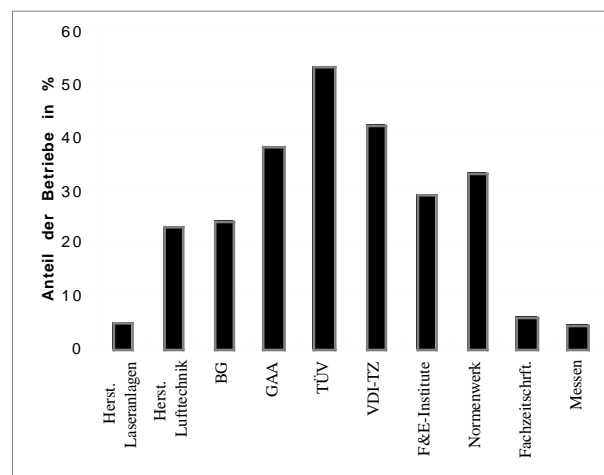


Abb.18: Den Betreibern unbekannte Informationsquellen (Basis: n=298)

Die Betriebe wurden befragt, ob die Gewerbeaufsicht bzw. die Berufsgenossenschaften verstärkt die Aufgabe der Information übernehmen sollten. Zwei Drittel der Betriebe lehnen es ab, daß die Gewerbeaufsicht verstärkt informieren soll. Für die Berufsgenossenschaften nimmt ca. die Hälfte eine ablehnende Haltung ein.

Die ablehnende Haltung gegenüber neuen Aufgabenstellungen für die Aufsichtsinstitutionen scheint teilweise auf Unkenntnis bzw. Vorurteilen zu beruhen. Betriebe mit Kontakt zu diesen Organisationen urteilen weniger negativ. Dabei soll jedoch nicht außer acht gelassen werden, daß auch diese Kritik

¹⁰ Entsprechender Bedarf war auf zwei von der Akademie für Technikfolgenabschätzung durchgeführten Veranstaltungen formuliert worden. Vergleiche hierzu: Steffensen/Barthel/Kettler (1994); Barthel/Kettler (1995):

üben.¹¹

Forschungsinstitute und Hochschulen, die bei der Erarbeitung neuer Ergebnisse über mögliche Gefährdungen eine zentrale Rolle einnehmen, sind in 29 % der Betriebe nicht als Ansprechpartner bekannt.¹²

Die Betriebe sollten auch die Informationsangebote von Forschungsinstituten und Hochschulen beurteilen. 70 % der Betriebe stimmten der Aussage zu, daß diese Angebote zu wenig auf die Bedürfnisse der Betreiber ausgerichtet sind.

Auch hier zeigt sich ein leichter Trend, daß negative Urteile vor allem von solchen Betreibern gefällt werden, die keinen oder seltenen Kontakt haben.

Das Normenwerk wird nur von wenigen Betrieben häufig als Informationsquelle genutzt. In 33 % der Betriebe ist es im Zusammenhang mit der Nutzung der Lasertechnik als Informationsquelle nicht bekannt.

Barrieren liegen möglicherweise in der Unübersichtlichkeit des Normenwerks.

Die Lasertechnik wird unter anderem aufgrund ihrer universellen Einsetzbarkeit in vielen Fällen nicht als eigenständiger Gegenstandsbereich der Normung gefaßt. Der Laser wird vielmehr als "normales" Werkzeug betrachtet, das bei der Normung *mitberücksichtigt* wird. Es gibt somit kaum Normen, die nur Aspekte der Lasertechnik regulieren.

Mit dieser Vorgehensweise konnte die Zahl neuer Normen auf Kosten einer gewissen Unübersichtlichkeit gering gehalten werden. Der Betreiber muß allerdings in verschiedenen

Normen suchen, ob darin auch laserrelevante Aspekte geregelt sind. Ein Überblick über die relevanten Normen wurde am ATZ-EVUS¹³ erstellt (Dierken/Bergmann 1994).

Nutzung der Informationsquellen

Die Schwierigkeiten beim Erkennen von Gefährdungen durch Emissionen und der schnell fortschreitende Erkenntnisstand von Wissenschaft und Forschung können es erforderlich machen, sich wiederholt und bei unterschiedlichen Ansprechpartnern über neue Erkenntnisse zu informieren.

Das Problem liegt in der Aktualität von Informationen. Diese kann im Laufe der Zeit abnehmen, und neue Informationen können zu veränderten Schlußfolgerungen hinsichtlich der Einschätzung von Emissionen führen. Betreiber müssen dann ihre einmal entwickelten Sicherheitsmaßnahmen möglicherweise in Frage stellen.

74 % der Betreiber stimmen zu, daß Arbeitssicherheit im Umgang mit der Lasertechnik nur dann gewährleistet werden kann, wenn sich die Betreiber regelmäßig über Gefährdungen informieren. 97 % vertreten die Auffassung, daß die Betreiber ihr Vorgehen regelmäßig überprüfen müssen, um Arbeitssicherheit im Umgang mit der Lasertechnik zu gewährleisten.

Diese Verteilungen legen nahe, daß man sich in den Betrieben der Probleme beim Erkennen von Gefährdungspotentialen durch Emissionen bewußt ist und entsprechend vorgeht.

Solche Vermutungen werden jedoch durch andere Aussagen konterkariert. So sind 82 % der Betreiber der Meinung, daß Erfahrungen der Betreiber es ermöglichen, Gefährdungen durch Emissionen bei der Nutzung der Lasertechnik zu vermeiden.

Dies scheint ein Indiz dafür zu sein, daß nach

¹¹ Entsprechende Kritik und Stellungnahmen seitens der Gewerbeaufsicht finden sich in Steffensen/Barthel/Kettler (1994) und Barthel/Kettler (1995).

¹² Hierbei sind unsere Bezugsquellen der Adressen der angeschriebenen Betriebe zu beachten. Die überwiegende Mehrzahl der Adressen haben wir von Forschungseinrichtungen und Hochschul-instituten erhalten. Möglicherweise ist daher der Anteil der Betriebe, die keinen Kontakt zu solchen Organisationen haben, in Wirklichkeit noch höher.

¹³ Applikations- und Technikzentrum für Energie, Verfahrens-, Umwelt- und Strömungstechnik, Vilseck.

wie vor auf altbewährte Institutionen zurückgegriffen wird, ohne gleichzeitig das Informationsmanagement auf die neuen Anforderungen hin – Grenzen der sinnlichen Wahrnehmung und der Erfahrbarkeit – anzupassen.

Wie werden in Betrieben Informationen beschafft?

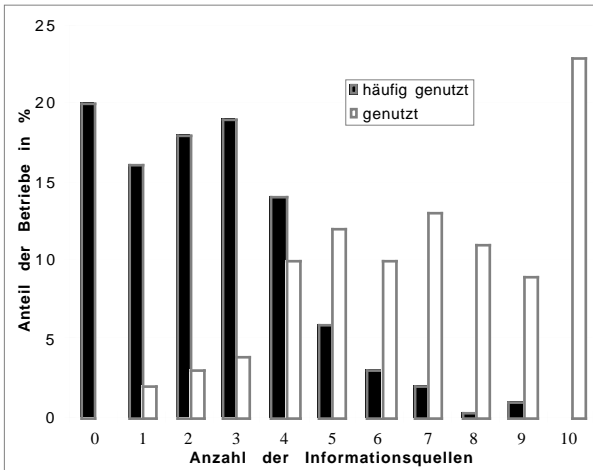


Abb.19: Häufigkeit der Nutzung von Informationsquellen (Basis: n=298)

Zwei Drittel der Betriebe nutzen mindestens fünf der in Abbildung 17 aufgeführten Informationsquellen. Bezieht man auch mit ein, wie häufig dies geschieht, relativiert sich das Bild einer breiten Informationsbeschaffung. Es zeigt sich, daß von vielen Betrieben gar keine oder nur wenige Quellen häufig genutzt werden. 73 % der Betriebe nutzen nur bis zu drei Quellen häufig.

Wie die Verteilung in Abbildung 17 *Informationsquellen der Betreiber der Lasertechnik* bereits andeutete, informieren sich Betriebe, die maximal drei Quellen häufig nutzen, hauptsächlich bei den Herstellern, über Fachzeitschriften und Besuche von Messen und Ausstellungen.

Erst bei vier und mehr häufig genutzten Informationsquellen nimmt vor allem der Anteil der Forschungsinstitute und Hochschulen deutlich zu.

Die Vermutung, daß vor allem große Betriebe viele Informationsquellen häufig nutzen, kleine Betriebe dagegen nur selten, bestätigt

sich für unsere Untersuchung nicht. Die Nennungen über die Größenklassen folgen keiner eindeutigen Tendenz.

4.2 Qualifizierung der Anlagenbediener

Wichtig für die Einschätzung betrieblicher Sicherheitsstrategien sind Qualifizierungsverfahren. Das Problem der *Informations-Veränderlichkeit* kann eine umfassende und regelmäßige Schulung der Bediener notwendig machen.

92 % der Betreiber stimmen der Aussage zu, daß die Bediener der Laseranlagen regelmäßig auf mögliche Gefährdungen hingewiesen werden müssen.

Von wem wurden und werden die Bediener für ihre Tätigkeit an den Laseranlagen vorbereitet?

Im Vordergrund stehen die Kollegen und Vorgesetzten sowie die Hersteller der Laseranlagen. In 79 % der Betriebe geschieht die Qualifizierung durch die Kollegen und Vorgesetzten im Rahmen kurzer Unterweisungen. 82 % der Betriebe führen dies im Rahmen von training on the job durch.

Hersteller haben mit 77 % ebenfalls eine wichtige Stellung. Demgegenüber fallen die Werte für die betrieblichen Ausbilder (50 %) und Weiterbildungseinrichtungen (39 %) deutlich ab.

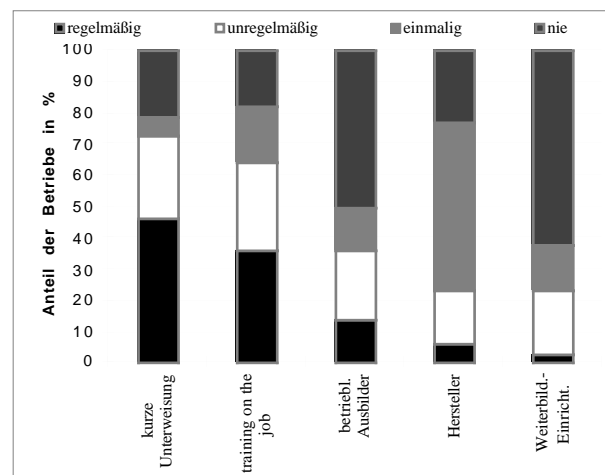


Abb.20 Methoden der Qualifizierung der Bediener der Laseranlagen (Basis: n=298)

Neben der Frage, wer qualifiziert, ist auch von Interesse, wie oft solche Maßnahmen durchgeführt werden.

Regelmäßige Qualifizierungen werden hauptsächlich von Kollegen und Vorgesetzten durchgeführt. Sie finden entweder als kurze Unterweisungen oder als training on the job statt.

Hersteller oder Weiterbildungseinrichtungen sowie betriebliche Ausbilder führen nur in wenigen Betrieben regelmäßig Schulungen durch.

Auch bei den unregelmäßig durchgeführten Maßnahmen entfallen die größten Anteile auf die Kollegen und Vorgesetzten. Allerdings spielen hier Qualifizierungen durch betriebliche Ausbilder, Hersteller und Weiterbildungseinrichtungen eine größere Rolle.

Bei den einmalig stattfindenden Maßnahmen nehmen die Hersteller eine deutliche Spitzenstellung ein. In der Regel werden die ersten Bediener geschult, um später eine Multiplikatorenrolle im Betrieb zu übernehmen.

Wir haben für die Qualifizierung der Bediener eine Indexvariable gebildet, in die eingeht, von wievielen Stellen und wie häufig die Bediener qualifiziert werden. Der niedrigste mögliche Wert (0) bezeichnet Betriebe, in denen die Bediener überhaupt nicht geschult worden sind. Der höchste mögliche Wert (15) kennzeichnet Betriebe, in denen die Bediener von allen fünf Stellen regelmäßig geschult werden. Regelmäßige Schulung durch wenige Stellen erhält dann den gleichen Stellenwert zugeschrieben, wie unregelmäßige Schulungen durch viele Stellen.

Die durchschnittliche Qualifizierungsintensität liegt bei 6,5 Punkten. 37 % der Betriebe haben eine niedrige, 54 % eine mittlere und 9 % eine hohe Qualifizierungsintensität.

Weiterhin ist von Interesse, welche Themen bei solchen Qualifizierungsmaßnahmen angesprochen werden. Es überrascht nicht, daß auf die Anlagenbedienung die größten Anteile (Mittelwert 63 %) fallen. Wartung und Instandhaltung (Mittelwert 19 %) und

Arbeitsicherheit (Mittelwert 17 %) folgen mit deutlichem Abstand.

4.3 Laserschutzbeauftragte

Insgesamt haben 75 % der Betriebe einen Laserschutzbeauftragten ernannt. Während in fast allen Großbetrieben ein Laserschutzbeauftragter ernannt wurde, sind die Anteile für die Mittel- und Kleinbetriebe geringer.

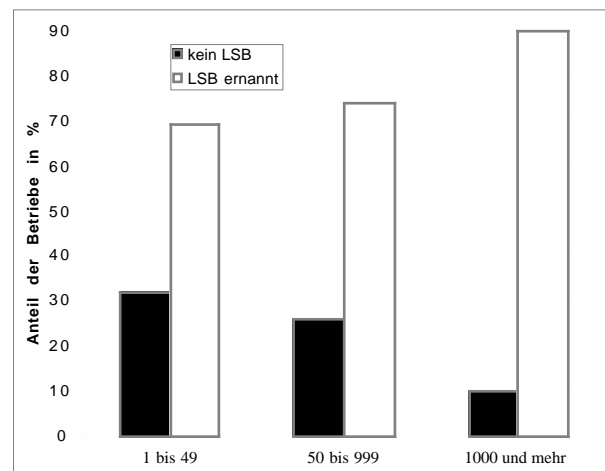


Abb.21: Ernennung von LSB in Betrieben unterschiedlicher Größe (Basis: n=283)

Wir hatten danach gefragt, welche Funktion diese Mitarbeiter neben ihrer Funktion als Laserschutzbeauftragter haben. Knapp 70 % der Betreiber haben hierzu eine Angabe gemacht.

Wir haben die Antworten folgendermaßen gruppiert. Unter der Kategorie *Produktion vor Ort* werden Bediener, Einrichter und Meister zusammengefaßt. *Leitung der Produktion* umfaßt Abteilungsleiter und Geschäftsführer kleiner Betriebe. Das *technische Büro* umfaßt die Arbeitsvorbereitung, die Konstruktion, Produktionsplanung und -steuerung sowie das Qualitätssicherungswesen. Die Kategorien *Arbeitsschutz* und *Wartung* stehen für die entsprechenden Fachabteilungen.

Die Laserschutzbeauftragten nehmen in etwa der Hälfte der Betriebe Funktionen in der Produktion – oftmals vor Ort bei den Laser-

anlagen – ein. In 22 % der Betriebe sind die Laserschutzbeauftragten in anderen Abteilungen, die wir unter der Kategorie technisches Büro zusammengefaßt haben, verortet. Die Abteilungen Arbeitsschutz und Instandhaltung stellen nur in 14 % bzw. 5 % den Laserschutzbeauftragten.

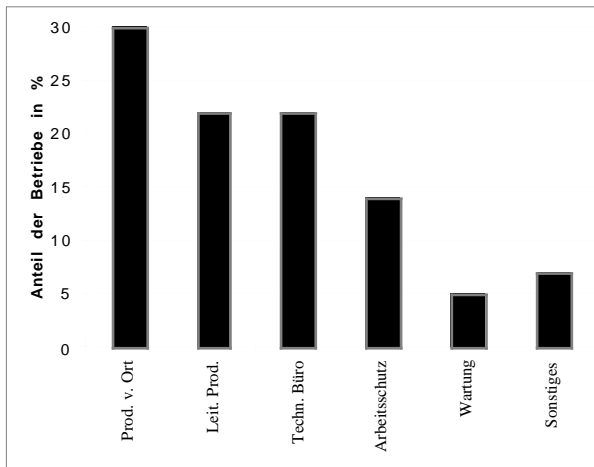


Abb.22: Funktionen der Laserschutzbeauftragten (Basis: n=205)

Zusammenfassung

Nutzungskontexte

Vielfältige und flexible Einsatzmöglichkeiten der Lasertechnik sind nicht nur Potential, sondern vielfach bereits betriebliche Realität.

Dies zeigt sich unter anderem an der Bandbreite der Branchen, in denen sie eingesetzt wird. Betreiber der Lasertechnik finden sich in allen Branchen des verarbeitenden Gewerbes, wobei das Schwergewicht bislang bei der Herstellung von Metallerzeugnissen, dem Maschinenbau, der Herstellung von Büromaschinen und dem Fahrzeugbau, sowie den Jobshops liegt.

Für viele Anwendungen der Lasertechnik ist das Stadium der Serienreife erreicht. Dies gilt sowohl für die eingesetzten Verfahren als auch für die Bearbeitung von Werkstoffen. Interessant ist insgesamt, daß sich die Kontexte der Nutzung für CO₂- bzw. Festkörperlaser z. T. deutlich unterscheiden. Dies gilt für die Konfiguration und Integration

der Laseranlagen, wie für die eingesetzten Verfahren und bearbeiteten Werkstoffe.

Sicherheitsstrategien

Mit dem Einsatz der Lasertechnik in der Materialbearbeitung sind Chancen aber auch Unwägbarkeiten verbunden. Dies gilt auch für die Arbeitssicherheit. Mögliche Gefährdungen durch Emissionen beim Einsatz der Lasertechnik sind in den Betrieben bekannt. Es zeigt sich jedoch, daß viele Betreiber ihr Vorgehen zur Gewährleistung von Arbeitssicherheit den Erfordernissen der Gefährdungen durch Emissionen noch nicht angepaßt haben.

Die regelmäßige Informationssuche und -verarbeitung – zunehmend wichtig beim Erkennen und Minimieren gesundheitlicher Belastungen – ist in vielen Betrieben (noch) nicht sehr ausgeprägt. In der Regel nutzen Betreiber nur wenige Informationsquellen häufig. Organisationen, die sich hauptsächlich mit Arbeitssicherheit befassen, werden von vielen Betreibern nicht als Informationsquelle genutzt.

Die meisten Betreiber informieren sich bei Technikherstellern, durch Fachzeitschriften oder Besuche von Messen und Ausstellungen. Hinweise zur betrieblichen Sicherheit bekommt man über diese Quellen bislang noch kaum. Auszunehmen sind einige Hersteller, die ihre Kunden auch über Gefährdungspotentiale informieren.

Die folgenden drei Punkte sollen Hinweise geben, wie man mit Gefährdungen durch Emissionen umgehen sollte:¹⁴

- Arbeitssicherheit sollte nicht nur unter technischen, sondern auch unter organisatorischen und sozialen Aspekten betrachtet werden.
- Man sollte sich bei der Nutzung der Lasertechnik über mögliche Gefährdungen informieren und prüfen, ob, das bisherige Vorgehen neuen Anforder-

¹⁴ Diese Handlungsempfehlungen werden ausführlich in Barthel/Kettler (1995) thematisiert.

rungen noch gerecht wird.

- Wegen des dynamischen Erkenntnisfortschritts sollte man sich regelmäßig informieren und die Sicherheitsstrategien regelmäßig überprüfen.

Methoden

Die standardisierte schriftliche Befragung

Die standardisierte schriftliche Befragung hatte folgende Ziele:

- Ermittlung der hauptsächlichen Einsatzgebiete und Nutzungsformen der Lasertechnik in der industriellen Materialbearbeitung.
- Erhebung des betrieblichen Umgangs mit Gefährdungspotentialen beim Einsatz der Lasertechnik in der Materialbearbeitung.

Die Grundgesamtheit umfaßt alle Betriebe des verarbeitenden Gewerbes (im Sinne der amtlichen Statistik) in der Bundesrepublik Deutschland, die Lasertechnik für die industrielle Materialbearbeitung nutzen.

Ausgeschlossen sind Betriebe und andere Organisationen, die den Laser in der Meß- oder in der Medizintechnik einsetzen. Ebenfalls nicht berücksichtigt wird der Einsatz der Lasertechnik zur Materialbearbeitung im Zusammenhang mit Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in Betrieben und Forschungsinstitutionen.

Untersuchungseinheit der Befragung sind Betriebe, nicht Unternehmen. Wir gehen davon aus, daß auch in Betrieben eines Unternehmens die Nutzungskontexte und die betrieblichen Sicherheitsstrategien unterschiedlich sein können. Es wurden deshalb teilweise mehrere Betriebe eines Unternehmens befragt.

Wir erhielten insgesamt 305 ausgefüllte Fragebögen. Aus diesen wurden nach einer inhaltlichen Sichtung sieben Fragebögen ausgesondert, weil es sich bei den darin dokumentierten Lasernutzungen offensichtlich

um Forschungs- oder Pilotprojekte handelte. Für die Auswertung verblieben 298 Fragebögen.

Fallstudien

Im Vorfeld der standardisierten schriftlichen Befragung haben wir insgesamt 27 Betriebe untersucht, deren Lasereinsatz als typisch eingeschätzt werden kann. Daraus wurden zwölf Betriebe ausgewählt, in denen detailliertere Fallstudien durchgeführt worden sind. In diesen Fallstudien wurden folgende qualitative Methoden eingesetzt:

- leitfadengestützte Expertengespräche,
- Kurzinterviews (z. B. mit Bedienern)
- Arbeitsplatzbeobachtungen und
- Dokumentenanalysen.

Wir haben Vertreter verschiedener Abteilungen interviewt, um die betriebliche Situation aus unterschiedlichen Perspektiven untersuchen zu können. Zu einer ergänzenden Umfeldanalyse gehörten Expertengespräche mit Vertretern von Technikherstellern, Aufsichtsbehörden und normsetzenden Institutionen.

Literatur

- Barthel, Jochen/Kettler, Monika (1995): Lasersicherheit in der betrieblichen Praxis, Arbeitsbericht Nr.50, herausgegeben von der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Stuttgart.
- Dierken, R./Bergmann, H.W.(1994): Statusbericht zur entwicklungsbegleitenden Normung, herausgegeben vom VDI-Technologiezentrum physikalische Technologien, Düsseldorf.
- Steffensen, Bernd/Barthel, Jochen (1996): Arbeitssicherheit als organisatorisches Entscheidungsproblem, erscheint in: Arbeit, Heft 1.
- Steffensen, Bernd/Barthel, Jochen/Kettler, Monika (1995): Lasertechnik - Sicherheitsstrategien und Nutzungskontexte, Arbeitsbericht Nr. 33, herausgegeben von der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Stuttgart.
- Statistisches Bundesamt (1992): Statistisches Jahrbuch 1992 für die Bundesrepublik Deutschland, Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (1995): Klassifikation der Wirtschaftszweige mit Erläuterungen. Ausgabe 1993, Wiesbaden.