



Spectra-Clean SERIE 100Watt – 500Watt

Wichtige Sicherheitshinweise – bitte zuerst lesen

Dieses Dokument beschreibt die grundlegenden Sicherheitsanforderungen für den Betrieb der SpectraClean-Serie Laserreinigungssysteme der beamdeals GmbH. Das Lesen und Einhalten dieser Hinweise ist zwingende Voraussetzung für jede Inbetriebnahme.

Die SpectraClean-Serie ist eine Laseranlage der Klasse 4. Laser dieser Klasse stellen eine erhebliche Gefahr für Augen, Haut und Umgebung dar. Bereits kurze Einwirkungen direkter oder reflektierter Laserstrahlung können zu schweren, irreversiblen Verletzungen führen. Die Laserstrahlung im Wellenlängenbereich von 1064–1080 nm ist unsichtbar und daher besonders gefährlich.

Der Betrieb der Anlage ist ausschließlich im gewerblichen Bereich (B2B) zulässig. Das System ist kein Verbraucherprodukt. Die Nutzung ist nur durch geschultes, unterwiesenes und vom Betreiber autorisiertes Personal erlaubt.

Der Betrieb ist nur in einem definierten und gesicherten Laserbereich zulässig. Der Zutritt zum Laserbereich muss kontrolliert werden. Unbefugte Personen dürfen sich während des Betriebs nicht im Laserbereich aufhalten.

Alle Personen im Laserbereich müssen geeignete persönliche Schutzausrüstung tragen. Insbesondere ist eine Laserschutzbrille erforderlich, die für den Wellenlängenbereich 1064–1080 nm geeignet ist und über eine ausreichende optische Dichte verfügt. Je nach Anwendung können weitere Schutzmaßnahmen erforderlich sein.

Der Betreiber ist verpflichtet, vor dem Betrieb eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen und geeignete technische, organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen umzusetzen. Nationale Vorschriften zum Arbeitsschutz und Laserschutz sind einzuhalten. In vielen Ländern ist die Bestellung eines Laserschutzbeauftragten erforderlich.

Der Laser darf niemals auf Personen, Tiere oder unkontrollierte Bereiche gerichtet werden. Reflexionen stellen eine erhebliche Gefahr dar, insbesondere an blanken oder polierten Oberflächen. Brennbare Materialien dürfen sich nicht im Laserbereich befinden.

Bei Störungen, ungewöhnlichen Geräuschen, Gerüchen, übermäßiger Funkenbildung oder Fehlermeldungen ist der Betrieb sofort zu unterbrechen. Der Laser ist zu deaktivieren und die Ursache fachgerecht zu klären, bevor der Betrieb fortgesetzt wird.

Sicherheits- und Schutzeinrichtungen dürfen nicht entfernt, überbrückt oder manipuliert werden. Unsachgemäße Nutzung, fehlende Schutzmaßnahmen oder Abweichungen von diesem Handbuch stellen eine Fehlanwendung dar und können zu schweren Unfällen führen.

Weitere sicherheitsrelevante Informationen, Vorlagen und Dokumente zur Umsetzung der Betreiberpflichten stellt die beamdeals GmbH im Online-Sicherheitsbereich zur Verfügung:

<https://beamdeals.de/pages/sicherheit>

Dieses Handbuch ist vor der ersten Inbetriebnahme vollständig zu lesen und dauerhaft am Einsatzort bereitzuhalten.

Spectra-Clean Benutzerhandbuch

Vorwort, Zweck, Zielgruppe, Dokumentstatus (B2B)

1.1 Zweck dieses Handbuchs

Dieses Handbuch beschreibt die sichere und bestimmungsgemäße Verwendung der SpectraClean-Serie Laserreinigungssysteme im gewerblichen Einsatz. Es enthält Hinweise zu Transport, Aufstellung, Inbetriebnahme, Betrieb, Wartung, Störungsbehebung und Außerbetriebnahme. Der Schwerpunkt liegt auf dem sicheren Umgang mit Laserstrahlung der Klasse 4 sowie auf organisatorischen Betreiberpflichten im industriellen Umfeld.

Das Handbuch ist so aufgebaut, dass es:

- sicherheitsrelevante Anforderungen klar priorisiert (zuerst Sicherheit, dann Betrieb)
- typische Fehlerquellen und Fehlanwendungen benennt
- dem Betreiber ein belastbares Grundgerüst für interne Arbeitsanweisungen, Unterweisungen und Prüfprotokolle liefert
- die Verantwortlichkeiten zwischen beamdeals GmbH und Betreiber eindeutig trennt (B2B-konform)

1.2 Zielgruppe

Dieses Handbuch richtet sich ausschließlich an gewerbliche Nutzer (B2B). Es ist bestimmt für:

- Betreiber / Arbeitgeber (Unternehmen, die das System einsetzen)
- Verantwortliche Führungskräfte, Produktionsleiter, Instandhaltung
- Laserschutzbeauftragte bzw. die für Lasersicherheit verantwortliche Organisation im Betrieb
- eingewiesene Bediener (Operatoren), die Reinigungsarbeiten ausführen
- Fachpersonal für Wartung/Service (elektrisch und mechanisch geschult)

Das System ist nicht für private Anwender bestimmt. Eine Nutzung im Verbraucherumfeld ist ausgeschlossen.

1.3 Grundsatz: Betrieb nur durch geschultes Personal

Die SpectraClean-Serie ist Laserklasse 4. Dadurch ist die Anlage grundsätzlich nicht „selbsterklärend“ oder „einfach bedienbar“ im Sinne eines ungefährlichen Geräts. Der Betreiber muss sicherstellen, dass jede Person, die das System bedient oder sich im Laserbereich aufhält, vorab unterwiesen wurde und die Schutzmaßnahmen praktisch beherrscht. Unterweisungen müssen dokumentiert werden.

1.4 Dokumentstatus und Versionierung

Dieses Handbuch ist Bestandteil des Produkts und muss am Einsatzort zugänglich sein. Änderungen an der Anlage, am Einsatzumfeld oder an den Betriebsabläufen können Anpassungen der internen Betriebsanweisung erforderlich machen. beamdeals GmbH empfiehlt, dieses Handbuch im Betrieb versioniert zu verwalten (z. B. mit Datum/Versionsnummer, Verantwortlichem, Änderungsgrund).

Hinweis: Dieses Handbuch ersetzt nicht die betriebliche Gefährdungsbeurteilung und nicht die Pflicht, nationale Vorschriften (z. B. Arbeitsschutzrecht, Laserschutzvorschriften, Unfallverhütungsvorschriften) einzuhalten. Es liefert die technischen und organisatorischen Grundlagen, die der Betreiber in seine betrieblichen Prozesse integrieren muss.

1.5 Abgrenzung der Verantwortlichkeiten (B2B, rechtlich absichernd)

beamdeals GmbH liefert das System und stellt Informationen zur sicheren Verwendung bereit. Der Betreiber trägt die Verantwortung für:

- die Gefährdungsbeurteilung am konkreten Einsatzort
- die Festlegung und Durchsetzung eines Laserbereichs mit Zutrittskontrolle
- die Auswahl und Bereitstellung geeigneter persönlicher Schutzausrüstung
- die Unterweisung und Beauftragung von Bedienern
- die Einhaltung aller einschlägigen Gesetze, Normen und Unfallverhütungsvorschriften
- die Prüfung der Eignung der zu bearbeitenden Werkstücke und Materialien (z. B. Beschichtungen, Kontaminationen, Gefahrstoffe)
- die Bereitstellung einer geeigneten Absaugung bzw. Filtertechnik, falls Prozessrauch/Partikel entstehen

Das System darf nur so betrieben werden, wie es in diesem Handbuch beschrieben ist. Abweichungen, unsachgemäße Nutzung, das Entfernen von Schutzfunktionen oder nicht autorisierte Umbauten gelten als Fehlanwendung und können Gefährdungen verursachen sowie Gewährleistungs- und Haftungsansprüche ausschließen, soweit rechtlich zulässig.

1.6 Begriffserklärungen (kurz, für Konsistenz im Handbuch)

Betreiber: Unternehmen/Organisation, die das System einsetzt und die Arbeitsorganisation bestimmt.

Bediener: Unterwiesene Person, die Reinigungsarbeiten am Werkstück durchführt.

Laserbereich: Räumlich und organisatorisch kontrollierter Bereich, in dem Laserstrahlung auftreten kann und Zutritt geregelt ist.

PSA: Persönliche Schutzausrüstung (insbesondere geeignete Laserschutzbrillen und ergänzende Schutzkleidung).

Fehlanwendung: Nutzung außerhalb der bestimmungsgemäßen Verwendung oder entgegen Sicherheitsvorgaben.

Wenn du Punkt 1 so übernehmen willst, machen wir als nächstes Punkt 2: Sicherheitseinleitung und Warnsystem (Warnstufen, Grundsatz Laserklasse 4, typische Gefahren).

Spectra-Clean Benutzerhandbuch

Inhaltsverzeichnis

.....	2
WICHTIGE SICHERHEITSHINWEISE – BITTE ZUERST LESEN.....	2
VORWORT, ZWECK, ZIELGRUPPE, DOKUMENTSTATUS (B2B)	4
1.1 ZWECK DIESER HANDBUCHS	4
1.2 ZIELGRUPPE	4
1.3 GRUNDSATZ: BETRIEB NUR DURCH GESCHULTES PERSONAL	4
1.4 DOKUMENTSTATUS UND VERSIONIERUNG.....	4
1.5 ABGRENZUNG DER VERANTWORTLICHKEITEN (B2B, RECHTLICH ABSICHERND)	5
1.6 BEGRIFFSERKLÄRUNGEN (KURZ, FÜR KONSISTENZ IM HANDBUCH)	5
ALLGEMEINE SICHERHEITSHINWEISE UND WARNSYSTEM (LASERKLASSE 4)	9
2.1 GRUNDSATZ DER LASERSICHERHEIT	9
2.2 WARNSTUFEN UND BEDEUTUNG IM HANDBUCH.....	9
2.3 TYPISCHE GEFÄHRDUNGEN BEIM BETRIEB DER SPECTRACLEAN-SERIE	10
2.3.1 GEFÄHRDUNG DURCH DIREKTE LASERSTRAHLUNG	10
2.3.2 GEFÄHRDUNG DURCH REFLEKTIERTE ODER GESTREUTE STRAHLUNG	10
2.3.3 BRAND- UND EXPLOSIONSGEFAHR.....	10
2.3.4 GEFÄHRDUNG DURCH PROZESSRAUCH UND PARTIKEL	10
2.3.5 ELEKTRISCHE GEFÄHRDUNGEN	10
2.3.6 MECHANISCHE UND THERMISCHE GEFÄHRDUNGEN	11
2.4 GRUNDSATZ: SICHERHEIT VOR PRODUKTIVITÄT	11
BESTIMMUNGSGEMÄßE VERWENDUNG UND FEHLANWENDUNG	12
3.1 BESTIMMUNGSGEMÄßE VERWENDUNG	12
3.2 EINSATZBEDINGUNGEN.....	12
3.3 GRENZEN DER BESTIMMUNGSGEMÄßEN VERWENDUNG.....	13
3.4 FEHLANWENDUNG (NICHT ZULÄSSIGE NUTZUNG).....	13
3.5 FOLGEN VON FEHLANWENDUNG	13
TECHNISCHE BESCHREIBUNG, LEISTUNGSSTUFEN UND ANWENDUNGSCHARAKTERISTIK	14
4.1 SYSTEMARCHITEKTUR UND FUNKTIONSPRINZIP.....	14
4.2 LUFTGEKÜHLTES GESAMTSYSTEM	14
4.3 LASERLEISTUNGSSTUFEN UND IHRE CHARAKTERISTIK.....	15
4.3.1 100-W-SYSTEME.....	15
4.3.2 200-W-SYSTEME.....	15
4.3.3 300-W-SYSTEME.....	16
4.3.4 500-W-SYSTEME.....	16
4.4 PULSENERGIE UND IHRE BEDEUTUNG FÜR DEN PROZESS.....	17
4.4.1 GRUNDVERSTÄNDNIS PULSENERGIE.....	17
4.4.3 TYPISCHE EINSATZBEREICHE NACH PULSENERGIE	18

Spectra-Clean Benutzerhandbuch

4.5 KOMBINATION AUS LEISTUNG UND PULSENERGIE	19
4.6 HINWEISE ZUR PROZESSAUSLEGUNG	19

LASER-SICHERHEITSKONZEPT UND SCHUTZMAßNAHMEN (LASERKLASSE 4)..... 20

5.1 GRUNDSATZ DES SICHERHEITSKONZEPTS	20
5.2 EINRICHTUNG EINES LASERBEREICHS.....	20
5.3 ZUTRITTSKONTROLLE UND KENNZEICHNUNG.....	21
5.4 LASERSCHUTZBEAUFTRAGTER UND ORGANISATION.....	21
5.5 PERSÖNLICHE SCHUTZAUSRÜSTUNG	21
5.6 SCHUTZ VOR REFLEXIONEN.....	22
5.7 BRANDSCHUTZMAßNAHMEN	22
5.8 NOT-AUS UND ABSCHALTMÖGLICHKEITEN	22
5.9 VERHALTEN BEI STÖRUNGEN UND GEFAHREN.....	22

TRANSPORT, AUFSTELLUNG UND INBETRIEBNAHME 23

6.1 TRANSPORT DER ANLAGE	23
6.2 AUSPACKEN UND SICHTPRÜFUNG	23
6.3 AUFSTELLORT UND UMGEBUNGSANFORDERUNGEN	24
6.4 ELEKTRISCHER ANSCHLUSS	24
6.5 VORBEREITUNG DER INBETRIEBNAHME	25
6.6 ERSTE INBETRIEBNAHME	25
6.7 TESTBETRIEB UND PARAMETERPRÜFUNG	25

BEDIENUNG UND BETRIEB 26

7.1 GRUNDREGELN FÜR DEN SICHEREN BETRIEB	26
7.2 EINSCHALT- UND STARTABLAUF (EMPFOHLENE REIHENFOLGE)	27
7.3 ARBEITSWEISE AM WERKSTÜCK (HANDFÜHRUNG UND ABSTAND)	28
7.4 PARAMETERVERSTÄNDNIS: LEISTUNG, PULSENERGIE, FREQUENZ UND SCAN	28
7.4.1 LASERLEISTUNG (100 W, 200 W, 300 W, 500 W)	28
7.4.2 PULSENERGIE (1,5 MJ BIS 100 MJ)	29
7.4.3 PULSFREQUENZ.....	29
7.4.4 SCANMUSTER UND SCANGESCHWINDIGKEIT	30
7.5 ANWENDUNGSBEISPIELE (PRAXISNAH, ALS ORIENTIERUNG).....	31
7.6 QUALITÄTSKONTROLLE WÄHREND DES BETRIEBS.....	32
7.7 UNTERBRECHUNG, PAUSENBETRIEB, ABSCHALTEN.....	32
7.8 VERBOTENE HANDLUNGEN IM BETRIEB (KLAR UND STRENG)	32

STÖRUNGEN, FEHLERMELDUNGEN UND NOTFALLMAßNAHMEN..... 33

9.1 GRUNDSATZ IM STÖRUNGSFALL	33
9.2 TYPISCHE ANZEICHEN FÜR STÖRUNGEN	33
9.3 SOFORTMAßNAHMEN BEI STÖRUNGEN	33
9.4 NOTFALLMAßNAHMEN BEI PERSONEN- ODER BRANDGEFAHR	34
9.4.1 GEFAHR FÜR PERSONEN.....	34
9.4.2 BRAND ODER RAUCHENTWICKLUNG.....	34
9.5 WIEDERINBETRIEBNAHME NACH STÖRUNGEN	34
9.6 TYPISCHE FEHLERQUELLEN (ORIENTIERUNG)	35

Spectra-Clean Benutzerhandbuch

9.7 VERBOTENE MAßNAHMEN IM STÖRUNGSFALL.....	35
9.8 DOKUMENTATION VON STÖRUNGEN.....	35

AUßERBETRIEBNAHME, STILLLEGUNG UND ENTSORGUNG 36

10.1 GRUNDSATZ ZUR AUßERBETRIEBNAHME	36
10.2 KURZFRISTIGE AUßERBETRIEBNAHME (Z. B. ARBEITSENDE, PRODUKTIONSPAUSE)	36
10.3 LÄNGERE STILLLEGUNG.....	36
10.4 ENDGÜLTIGE STILLLEGUNG	37
10.5 ENTSORGUNG.....	37
10.6 WEITERGABE ODER VERKAUF.....	37

RECHTLICHE HINWEISE, GEWÄHRLEISTUNG UND HAFTUNG (B2B) 38

11.1 GELTUNGSBEREICH UND VERTRAGSGRUNDLAGE	38
11.2 KEIN VERBRAUCHERPRODUKT	38
11.3 GEWÄHRLEISTUNG.....	39
11.4 HAFTUNG	39
11.5 BETREIBERVERANTWORTUNG.....	40
11.6 ÄNDERUNGEN UND WEITERENTWICKLUNGEN.....	40
11.7 URHEBERRECHT UND NUTZUNG DER DOKUMENTATION.....	40

ANHANG – CHECKLISTEN, VORLAGEN UND SICHERHEITSPAKETE 41

12.1 ONLINE-SICHERHEITSBEREICH DER BEAMDEALS GMBH	41
12.2 ENTHALTENE SICHERHEITSDOKUMENTE UND VORLAGEN	42
12.3 NUTZUNG DER BEREITGESTELLTEN VORLAGEN	43
12.4 VERANTWORTUNG DES BETREIBERS	43

BETRIEBSANWEISUNG (MUSTER) 44

Allgemeine Sicherheitshinweise und Warnsystem (Laserklasse 4)

2.1 Grundsatz der Lasersicherheit

Die SpectraClean-Serie ist als Laserreinigungssystem der Laserklasse 4 eingestuft. Laser dieser Klasse stellen die höchste Gefährdungsstufe dar. Bereits eine kurzzeitige Exposition gegenüber direkter oder reflektierter Laserstrahlung kann zu schweren, irreversiblen Verletzungen führen. Besonders gefährdet sind Augen und Haut. Zusätzlich besteht eine erhöhte Brand- und Explosionsgefahr.

Laserstrahlung im Wellenlängenbereich von 1064–1080 nm ist für das menschliche Auge unsichtbar. Dadurch fehlt ein natürlicher Schutzreflex. Der Bediener kann nicht erkennen, ob Laserstrahlung austritt oder reflektiert wird. Dies erhöht das Risiko erheblich und erfordert strikt eingehaltene Schutzmaßnahmen.

Der Betrieb der Anlage ist ausschließlich in einem kontrollierten Laserbereich zulässig. Ein Betrieb ohne organisatorische und technische Schutzmaßnahmen ist grundsätzlich unzulässig.

2.2 Warnstufen und Bedeutung im Handbuch

Um Risiken eindeutig zu kennzeichnen, werden in diesem Handbuch folgende Warnstufen verwendet:

Gefahr

Kennzeichnet eine unmittelbar drohende Gefahr. Bei Nichtbeachtung sind schwere Verletzungen oder der Tod sehr wahrscheinlich.

Warnung

Kennzeichnet eine potenziell gefährliche Situation. Bei Nichtbeachtung können schwere Verletzungen oder der Tod eintreten.

Vorsicht

Kennzeichnet eine potenziell gefährliche Situation. Bei Nichtbeachtung können leichte bis mittlere Verletzungen auftreten.

Hinweis

Kennzeichnet wichtige Informationen zur Vermeidung von Sachschäden, Funktionsstörungen oder Qualitätsverlusten. Hinweise betreffen keine unmittelbaren Personengefahren, sind jedoch für einen sicheren und störungsfreien Betrieb wesentlich.

Alle Warnhinweise sind vollständig zu lesen und umzusetzen. Das Überspringen einzelner Sicherheitshinweise stellt eine erhebliche Pflichtverletzung des Betreibers dar.

2.3 Typische Gefährdungen beim Betrieb der SpectraClean-Serie

2.3.1 Gefährdung durch direkte Laserstrahlung

Direkte Laserstrahlung der Klasse 4 kann bereits bei sehr kurzer Einwirkdauer schwere Augenschäden bis hin zur vollständigen Erblindung verursachen. Auch Hautverbrennungen sind möglich. Ein direkter Blick in den Strahl oder in den Austrittsbereich des Reinigungskopfes ist unter allen Umständen zu vermeiden.

2.3.2 Gefährdung durch reflektierte oder gestreute Strahlung

Auch diffuse Reflexionen können bei Laserklasse 4 gefährlich sein. Besonders kritisch sind:

- blanke oder polierte Metalloberflächen
- spiegelnde Werkzeuge oder Spannmittel
- Glas, Keramik und beschichtete Oberflächen
- feuchte oder ölhaltige Flächen

Reflektierte Strahlung kann unvorhersehbar in den Raum zurückgeworfen werden. Daher ist der gesamte Laserbereich als potenziell gefährdet zu betrachten, nicht nur der direkte Strahlweg.

2.3.3 Brand- und Explosionsgefahr

Durch die hohe Leistungsdichte des Lasers können:

- brennbare Materialien entzündet werden
- Staubablagerungen entzündet werden
- Dämpfe oder Gase entzünden oder explodieren

Brennbare Stoffe (z. B. Papier, Lösungsmittel, Öl, Fett, Kunststoffe, Staub) dürfen sich nicht im Laserbereich befinden. Der Betreiber hat geeignete Maßnahmen zum Brandschutz festzulegen (z. B. Feuerlöscher, Notfallplan).

2.3.4 Gefährdung durch Prozessrauch und Partikel

Beim Laserreinigen können Dämpfe, Rauchgase und feine Partikel entstehen. Diese können gesundheitsschädlich sein und dürfen nicht eingeatmet werden. Je nach Material und Beschichtung können toxische oder reizende Stoffe freigesetzt werden.

Der Betreiber ist verpflichtet, eine geeignete Absaugung und Filterung vorzusehen und sicherzustellen, dass geltende Arbeitsplatzgrenzwerte eingehalten werden.

2.3.5 Elektrische Gefährdungen

Die Anlage wird mit Netzspannung betrieben. Unsachgemäßer Anschluss, beschädigte Leitungen oder fehlende Erdung können zu Stromschlägen oder Bränden führen. Arbeiten an elektrischen Komponenten dürfen nur durch elektrotechnisch unterwiesenes Fachpersonal erfolgen.

2.3.6 Mechanische und thermische Gefährdungen

Während des Betriebs können sich Komponenten erwärmen. Zudem besteht Verletzungsgefahr durch:

- unsachgemäße Handhabung des Reinigungskopfes
- Stolperstellen durch Kabel und Schlauchpakete
- unsachgemäßen Transport oder Umkippen der Anlage

2.4 Grundsatz: Sicherheit vor Produktivität

Die Einhaltung aller Sicherheitsmaßnahmen hat stets Vorrang vor Produktivität, Geschwindigkeit oder wirtschaftlichen Erwägungen. Ein sicherheitswidriger Betrieb ist nicht zulässig, auch wenn dadurch Arbeitsabläufe verzögert oder eingeschränkt werden.

Der Betreiber ist verpflichtet, den Betrieb sofort zu unterbrechen, wenn:

- Schutzmaßnahmen nicht vollständig vorhanden sind
- Schutzfunktionen außer Betrieb sind
- ungeschulte Personen den Laserbereich betreten
- unklare oder unsichere Betriebszustände auftreten

In diesen Fällen darf der Betrieb erst nach vollständiger Klärung und Wiederherstellung der sicheren Bedingungen fortgesetzt werden.

Bestimmungsgemäße Verwendung und Fehlanwendung

3.1 Bestimmungsgemäße Verwendung

Die SpectraClean-Serie ist für die industrielle, gewerbliche Laserreinigung von Werkstücken und Bauteilen vorgesehen. Das System dient der kontaktlosen Entfernung von Verunreinigungen, Beschichtungen oder Oberflächenschichten, zum Beispiel Oxide, Rost, Lacke, Beschichtungsreste oder Produktionsrückstände.

Die Anlage ist für den Einsatz in Produktionsumgebungen, Werkstätten, Instandhaltungsbetrieben und vergleichbaren industriellen Bereichen ausgelegt. Sie darf sowohl stationär als auch mobil innerhalb eines betrieblich definierten Laserbereichs eingesetzt werden.

Die Bedienung erfolgt in der Regel handgeführt über den Reinigungskopf. Ein automatisierter Betrieb (z. B. über Vorrichtungen, Achssysteme oder Roboter) ist nur zulässig, wenn der Betreiber zusätzliche Schutzmaßnahmen umsetzt und der gesamte Prozess sicherheitstechnisch bewertet wurde.

Die Anlage darf ausschließlich innerhalb der in diesem Handbuch angegebenen technischen Grenzen betrieben werden. Dazu zählen insbesondere Laserleistung, Pulsenergie, elektrische Anschlusswerte, Umgebungsbedingungen sowie die vorgesehene Kühlung über die integrierten Lüfter.

3.2 Einsatzbedingungen

Die bestimmungsgemäße Verwendung setzt voraus, dass:

- ein klar definierter und gesicherter Laserbereich eingerichtet ist
- der Zugang zum Laserbereich kontrolliert wird
- alle beteiligten Personen unterwiesen wurden
- geeignete persönliche Schutzausrüstung getragen wird
- die Anlage technisch unversehrt und betriebsbereit ist
- alle Schutz- und Sicherheitseinrichtungen funktionsfähig sind

Der Betreiber ist verantwortlich dafür, dass die Arbeitsumgebung den Anforderungen des Systems entspricht, insbesondere hinsichtlich Platzbedarf, Belüftung, Brandschutz und elektrischer Versorgung.

3.3 Grenzen der bestimmungsgemäßen Verwendung

Die SpectraClean-Serie ist nicht für jede denkbare Anwendung geeignet. Vor jeder neuen Anwendung, insbesondere bei unbekannten Materialien oder Beschichtungen, muss geprüft werden, ob:

- gefährliche Dämpfe oder Partikel entstehen können
- eine erhöhte Reflexionsgefahr besteht
- Brand- oder Explosionsrisiken auftreten können

Gegebenenfalls sind zusätzliche Schutzmaßnahmen oder eine Anpassung der Prozessparameter erforderlich. Der Betreiber trägt die Verantwortung für diese Bewertung.

3.4 Fehlanwendung (nicht zulässige Nutzung)

Als Fehlanwendung gilt insbesondere, aber nicht ausschließlich:

- Betrieb ohne eingerichteten Laserbereich oder ohne Zutrittskontrolle
- Betrieb ohne geeignete Laserschutzbrillen für alle anwesenden Personen
- Betrieb durch nicht unterwiesene oder nicht beauftragte Personen
- Ausrichtung des Laserstrahls auf Personen, Tiere oder unkontrollierte Bereiche
- Einsatz der Anlage an hochreflektierenden Oberflächen ohne geeignete Schutzmaßnahmen
- Betrieb bei defekten oder manipulierten Sicherheitseinrichtungen
- Überbrücken oder Deaktivieren von Not-Aus-, Schlüsselschalter- oder Schutzfunktionen
- Eigenmächtige Umbauten, Softwareänderungen oder Eingriffe in die Lasereinheit
- Verwendung nicht freigegebener Zubehörteile oder Ersatzteile
- Betrieb bei verdeckten oder blockierten Lüftungsöffnungen
- Betrieb außerhalb der zulässigen Umgebungstemperaturen oder bei kondensierender Feuchtigkeit

3.5 Folgen von Fehlanwendung

Fehlanwendungen können zu schweren Personen- und Sachschäden führen. Darüber hinaus gelten sie als Verstoß gegen die bestimmungsgemäße Verwendung.

Soweit rechtlich zulässig, können folgende Konsequenzen eintreten:

- Erlöschen von Gewährleistungsansprüchen
- Ausschluss von Haftungsansprüchen gegenüber beamdeals GmbH
- Versicherungsrechtliche Konsequenzen für den Betreiber
- Verstöße gegen Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften

Der Betreiber ist verpflichtet, Fehlanwendungen zu unterbinden und bei Unsicherheiten vor dem Einsatz Rücksprache mit qualifiziertem Fachpersonal oder beamdeals GmbH zu halten.

Technische Beschreibung, Leistungsstufen und Anwendungscharakteristik

4.1 Systemarchitektur und Funktionsprinzip

Die SpectraClean-Serie basiert auf einem gepulsten Faserlasersystem zur kontaktlosen Oberflächenreinigung. Die Laserstrahlung wird über eine Glasfaser vom Lasermodul zum Reinigungskopf geführt und dort über eine Scaneinheit flächig über das Werkstück bewegt.

Der Reinigungsprozess erfolgt durch kurzzeitige Energieeinbringung in die oberste Material- oder Schmutzschicht. Durch die hohe Leistungsdichte der Pulse kommt es zu einer Ablösung oder Verdampfung der Verunreinigung, während das Grundmaterial – bei korrekter Parametrierung – weitgehend unbeeinflusst bleibt.

Die Wirksamkeit des Reinigungsprozesses wird im Wesentlichen bestimmt durch:

- maximale Laserleistung
- Pulsenergie
- Pulsfrequenz
- Scangeschwindigkeit
- Spotgröße und Scanmuster
- Materialeigenschaften und Oberflächenzustand

4.2 Luftgekühltes Gesamtsystem

Die SpectraClean-Serie ist vollständig luftgekühlt ausgeführt. Die Wärmeabfuhr erfolgt über drei integrierte Hochleistungs-Lüfter. Diese Bauweise ermöglicht einen wartungsarmen Betrieb ohne Kühlmedien, reduziert Installationsaufwand und minimiert Ausfallrisiken durch Leckagen.

Die Kühlung ist als aktives Zwangslüftungssystem ausgelegt und arbeitet lastabhängig. Abhängig von der Ausführung kommen Lüfter mit 24 V DC oder optional 48 V DC zum Einsatz. Die 48-V-Variante bietet eine höhere Luftförderleistung und eignet sich insbesondere für:

- hohe Einschaltdauern
- Anwendungen mit hoher Pulsenergie
- erhöhte Umgebungstemperaturen
- kontinuierlichen Serienbetrieb

Der Betreiber hat sicherzustellen, dass die Umgebungsluft sauber ist und die Lüfter nicht durch Staub, Ölnebel oder andere Ablagerungen beeinträchtigt werden.

4.3 Laserleistungsstufen und ihre Charakteristik

4.3.1 100-W-Systeme

Systeme mit 100 W Laserleistung eignen sich vor allem für:

- feine Reinigungsaufgaben
- empfindliche Oberflächen
- dünne Oxid- oder Schmutzschichten
- kleinere Werkstücke
- Schulungs- und Einrichtungsprozesse

Typische Anwendungen:

- leichte Oxidentfernung auf Stahl oder Aluminium
- Reinigung vor dem Kleben oder Beschichten
- Entfernung von Produktionsrückständen
- Strukturierte Oberflächen mit geringer Abtragsanforderung

Vorteile:

- hohe Prozesskontrolle
- geringeres Risiko von Materialbeschädigung
- vergleichsweise niedrige thermische Belastung

4.3.2 200-W-Systeme

200-W-Systeme stellen einen vielseitigen Mittelbereich dar und eignen sich für:

- allgemeine industrielle Reinigungsaufgaben
- mittlere Schichtdicken
- wechselnde Materialien

Typische Anwendungen:

- Rostentfernung bei leichten bis mittleren Korrosionsgraden
- Lackvorbereitung
- Reinigung von Schweißnähten
- Instandhaltung von Werkzeugen und Formen

Diese Leistungsklasse bietet einen guten Kompromiss zwischen Reinigungsleistung und Prozesssicherheit.

4.3.3 300-W-Systeme

300-W-Systeme sind für anspruchsvollere Anwendungen ausgelegt, bei denen höhere Abtragsraten erforderlich sind.

Typische Anwendungen:

- stärkere Oxidschichten
- dickere Lacke oder Beschichtungen
- größere Flächen
- industrielle Serienprozesse

Besonderheiten:

- erhöhte Rückreflexionsgefahr
- höhere thermische Belastung
- sorgfältige Parametrierung zwingend erforderlich

Diese Systeme werden häufig in Produktionsumgebungen mit klar definierten Prozessen eingesetzt.

4.3.4 500-W-Systeme

500-W-Systeme stellen die leistungstärkste Variante der SpectraClean-Serie dar. Sie sind für schwere Reinigungsaufgaben vorgesehen.

Typische Anwendungen:

- starke Korrosion
- mehrschichtige Beschichtungen
- großflächige Bauteile
- hohe Taktanforderungen

Der Betrieb dieser Systeme erfordert besonders strenge Sicherheitsmaßnahmen und erfahrenes Bedienpersonal.

4.4 Pulsenergie und ihre Bedeutung für den Prozess

4.4.1 Grundverständnis Pulsenergie

Die Pulsenergie gibt an, wie viel Energie in einem einzelnen Laserpuls abgegeben wird. Sie ist einer der entscheidenden Parameter für den Abtrag und die Prozesswirkung.

Hohe Pulsenergie:

- stärkerer Abtrag pro Puls
- höhere mechanische und thermische Belastung
- erhöhtes Risiko von Reflexionen und Materialschäden

Niedrige Pulsenergie:

- feinere Bearbeitung
- geringerer Materialstress
- bessere Kontrolle bei empfindlichen Oberflächen

4.4.2 Übersicht Pulsenergie-Optionen

Die SpectraClean-Serie ist mit folgenden Pulsenergien erhältlich:

- 1,5 mJ
- 2 mJ
- 5 mJ
- 10 mJ
- 15 mJ
- 50 mJ
- 100 mJ

Nicht jede Pulsenergie ist in jeder Leistungsstufe sinnvoll oder technisch kombinierbar. Die konkrete Ausführung ergibt sich aus der Konfiguration des Systems.

4.4.3 Typische Einsatzbereiche nach Pulsenergie

1,5 mJ bis 2 mJ:

- sehr feine Reinigungsaufgaben
- empfindliche Oberflächen
- minimaler Materialabtrag

5 mJ bis 10 mJ:

- allgemeine Reinigungsaufgaben
- ausgewogene Kombination aus Abtrag und Kontrolle

15 mJ:

- stärkere Verschmutzungen
- robuste Materialien

50 mJ bis 100 mJ:

- sehr hoher Abtrag
- aggressive Reinigungsprozesse
- nur für erfahrene Anwender und klar definierte Prozesse

4.5 Kombination aus Leistung und Pulsenergie

Die tatsächliche Reinigungswirkung ergibt sich aus der Kombination von:

- Laserleistung
- Pulsenergie
- Frequenz
- Scaneinstellungen

Eine hohe Leistung bei niedriger Pulsenergie kann zu einem gleichmäßigen, schonenden Abtrag führen, während eine niedrigere Leistung mit sehr hoher Pulsenergie punktuell sehr aggressiv wirken kann.

Der Betreiber ist verpflichtet, diese Zusammenhänge zu verstehen und vor Serienbetrieb geeignete Tests durchzuführen.

4.6 Hinweise zur Prozessauslegung

Vor dem produktiven Einsatz empfiehlt beamdeals GmbH:

- Durchführung von Testreihen an Musterteilen
- schrittweise Erhöhung von Pulsenergie und Leistung
- Dokumentation der optimalen Parameter
- klare Arbeitsanweisungen für Bediener

Eine falsche Parametrierung kann zu Bauteilschäden, erhöhtem Sicherheitsrisiko und unnötigem Verschleiß führen.

Laser-Sicherheitskonzept und Schutzmaßnahmen (Laserklasse 4)

5.1 Grundsatz des Sicherheitskonzepts

Die SpectraClean-Serie ist als Laserklasse-4-System eingestuft. Der sichere Betrieb ist nur möglich, wenn technische, organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen konsequent kombiniert werden. Einzelmaßnahmen allein sind nicht ausreichend.

Der Betreiber ist verpflichtet, ein vollständiges Laser-Sicherheitskonzept umzusetzen, das an die konkreten Einsatzbedingungen angepasst ist. Dieses Handbuch beschreibt Mindestanforderungen, ersetzt jedoch nicht die betriebliche Gefährdungsbeurteilung.

5.2 Einrichtung eines Laserbereichs

Der Betrieb der Anlage ist ausschließlich in einem definierten Laserbereich zulässig. Der Laserbereich ist ein räumlich abgegrenzter Bereich, in dem Laserstrahlung auftreten kann und dessen Zutritt kontrolliert wird.

Der Laserbereich muss:

- räumlich eindeutig definiert sein (z. B. Raum, Kabine, abgegrenzter Bereich)
- gegen unbefugten Zutritt gesichert sein
- so gestaltet sein, dass Laserstrahlung den Bereich nicht unkontrolliert verlassen kann

Geeignete Maßnahmen können sein:

- feste Einhausungen oder Kabinen
- mobile Laserschutzwände oder Vorhänge
- mechanische Absperrungen mit Zugangskontrolle
- organisatorische Maßnahmen bei temporärem Einsatz

Die konkrete Ausgestaltung liegt in der Verantwortung des Betreibers und muss zur jeweiligen Anwendung passen.

5.3 Zutrittskontrolle und Kennzeichnung

Der Zugang zum Laserbereich darf nur autorisierten Personen gestattet werden. Unbefugte Personen dürfen sich während des Laserbetriebs nicht im Laserbereich aufhalten.

Der Laserbereich ist deutlich zu kennzeichnen. Die Kennzeichnung muss:

- auf die Laserklasse 4 hinweisen
- auf die Gefahr durch unsichtbare Laserstrahlung aufmerksam machen
- das Tragen von persönlicher Schutzausrüstung vorschreiben

Zusätzlich empfiehlt sich eine optische oder akustische Anzeige, die den aktiven Laserbetrieb signalisiert.

5.4 Laserschutzbeauftragter und Organisation

Je nach nationalem Recht ist ein Laserschutzbeauftragter zu bestellen. In Deutschland ist dies in der Regel bei Betrieb von Laserklasse-4-Anlagen erforderlich.

Der Laserschutzbeauftragte unterstützt den Betreiber insbesondere bei:

- der Gefährdungsbeurteilung
- der Festlegung von Schutzmaßnahmen
- der Unterweisung der Beschäftigten
- der Überwachung des sicheren Betriebs

Die Verantwortung des Betreibers bleibt davon unberührt.

5.5 Persönliche Schutzausrüstung

Alle Personen, die sich im Laserbereich aufhalten, müssen geeignete persönliche Schutzausrüstung tragen.

Zwingend erforderlich ist:

- eine Laserschutzbrille, geeignet für den Wellenlängenbereich 1064–1080 nm
- ausreichende optische Dichte entsprechend der eingesetzten Leistung und Pulsenergie

Zusätzlich können erforderlich sein:

- hitzebeständige oder flammhemmende Schutzkleidung
- Handschuhe
- Atemschutz, falls Prozessrauch nicht ausreichend abgesaugt wird

Der Betreiber ist für Auswahl, Bereitstellung, Pflege und regelmäßige Prüfung der PSA verantwortlich.

5.6 Schutz vor Reflexionen

Reflexionen stellen eine der größten Gefahren beim Laserreinigen dar. Besonders kritisch sind metallische, blanke oder polierte Oberflächen.

Der Betreiber muss Maßnahmen treffen, um Reflexionen zu minimieren, z. B.:

- matte, nicht reflektierende Umgebungsflächen
- geeignete Werkstückhalterungen
- Anpassung der Prozessparameter
- Einsatz von Laserschutzwänden

Der Laserstrahl darf niemals bewusst auf spiegelnde Flächen außerhalb des Werkstücks gerichtet werden.

5.7 Brandschutzmaßnahmen

Aufgrund der hohen Leistungsdichte besteht Brandgefahr. Der Betreiber hat sicherzustellen, dass:

- keine brennbaren Materialien im Laserbereich vorhanden sind
- geeignete Feuerlöscheinrichtungen verfügbar sind
- Personal im Umgang mit Bränden unterwiesen ist

Bei Reinigungsarbeiten an beschichteten oder kontaminierten Oberflächen ist das Brandrisiko besonders sorgfältig zu bewerten.

5.8 Not-Aus und Abschaltmöglichkeiten

Die Anlage ist mit Not-Aus-Funktionen ausgestattet. Diese müssen jederzeit frei zugänglich und funktionsfähig sein.

Der Betreiber hat sicherzustellen, dass:

- Bediener über die Funktion und Lage der Not-Aus-Einrichtungen informiert sind
- Not-Aus-Einrichtungen regelmäßig geprüft werden
- nach Betätigung des Not-Aus eine sichere Abschaltung erfolgt

5.9 Verhalten bei Störungen und Gefahren

Bei Störungen, ungewöhnlichen Geräuschen, Gerüchen oder Fehlermeldungen ist der Betrieb sofort zu unterbrechen.

Die Anlage darf erst wieder in Betrieb genommen werden, wenn:

- die Ursache eindeutig identifiziert wurde
- die Störung fachgerecht beseitigt wurde
- die Sicherheit wieder vollständig hergestellt ist

Unsachgemäße Eingriffe oder Improvisationen sind unzulässig.

Transport, Aufstellung und Inbetriebnahme

6.1 Transport der Anlage

Die SpectraClean-Serie ist ein industrielles Präzisionssystem und muss entsprechend sorgfältig transportiert werden. Unsachgemäßer Transport kann zu Schäden an der Lasereinheit, der Elektronik, der Glasfaser oder den Lüftern führen.

Für den Transport gilt:

- Die Anlage darf nur in ausgeschaltetem Zustand transportiert werden
- Netzanschluss und alle Verbindungskabel müssen vor dem Transport getrennt sein
- Die Glasfaser darf nicht geknickt oder gequetscht werden
- Der Mindestbiegeradius der Glasfaser ist einzuhalten
- Stöße, Schläge und starke Vibrationen sind zu vermeiden

Bei innerbetrieblichem Transport ist darauf zu achten, dass die Anlage standsicher bewegt wird und nicht umkippen kann.

6.2 Auspacken und Sichtprüfung

Nach dem Auspacken ist die Anlage vor der ersten Inbetriebnahme sorgfältig zu prüfen.

Dabei ist insbesondere zu kontrollieren:

- äußere Unversehrtheit des Gehäuses
- Zustand der Lüfter und Lüfteröffnungen
- Unversehrtheit der Glasfaser und der Steckverbindungen
- Vollständigkeit des Lieferumfangs
- Vorhandensein aller sicherheitsrelevanten Kennzeichnungen

Festgestellte Transportschäden dürfen nicht ignoriert werden. Die Anlage darf in diesem Fall nicht in Betrieb genommen werden, bevor die Ursache geklärt wurde.

6.3 Aufstellort und Umgebungsanforderungen

Der Aufstellort muss so gewählt werden, dass ein sicherer und störungsfreier Betrieb möglich ist.

Der Aufstellort muss:

- trocken und sauber sein
- ausreichend Platz für Bedienung und Wartung bieten
- eine ausreichende Belüftung sicherstellen
- frei von brennbaren Stoffen sein

Die Lüfteröffnungen dürfen nicht verdeckt oder blockiert werden. Um einen ausreichenden Luftstrom zu gewährleisten, ist ein Mindestabstand zu Wänden oder anderen Geräten einzuhalten.

Der Betrieb in explosionsgefährdeten Bereichen ist nicht zulässig, sofern die Anlage nicht ausdrücklich dafür freigegeben ist.

6.4 Elektrischer Anschluss

Der elektrische Anschluss darf nur durch fachkundiges Personal erfolgen.

Dabei ist sicherzustellen:

- die Versorgungsspannung entspricht den technischen Daten
- die Steckdose ist ordnungsgemäß geerdet
- die elektrische Installation ist für die Leistungsaufnahme ausgelegt
- Verlängerungsleitungen sind für den industriellen Einsatz geeignet

Mehrfachsteckdosen oder beschädigte Kabel dürfen nicht verwendet werden.

6.5 Vorbereitung der Inbetriebnahme

Vor der ersten Inbetriebnahme sind folgende Schritte zwingend durchzuführen:

- Einrichtung des Laserbereichs
- Anbringen der erforderlichen Warn- und Hinweisschilder
- Bereitstellung der persönlichen Schutzausrüstung
- Unterweisung des Bedienpersonals
- Prüfung der Not-Aus-Funktion

Die Anlage darf erst in Betrieb genommen werden, wenn alle Sicherheitsmaßnahmen vollständig umgesetzt sind.

6.6 Erste Inbetriebnahme

Die erste Inbetriebnahme darf nur durch geschultes Personal erfolgen.

Vor dem Einschalten ist zu prüfen:

- ob sich keine unbefugten Personen im Laserbereich befinden
- ob alle Schutzeinrichtungen funktionsfähig sind
- ob der Reinigungskopf korrekt angeschlossen ist
- ob die Lüfter frei laufen können

Nach dem Einschalten ist die Anlage zunächst im Leerlauf zu beobachten. Ungewöhnliche Geräusche, Vibrationen oder Fehlermeldungen sind Hinweise auf mögliche Probleme und müssen vor dem weiteren Betrieb geklärt werden.

6.7 Testbetrieb und Parameterprüfung

Vor dem produktiven Einsatz empfiehlt sich ein Testbetrieb an geeigneten Probewerkstücken.

Dabei sollten:

- niedrige Leistungs- und Pulsenergieeinstellungen gewählt werden
- Parameter schrittweise angepasst werden
- Ergebnisse dokumentiert werden

Erst nach erfolgreichem Testbetrieb darf die Anlage im regulären Produktionsprozess eingesetzt werden.

Bedienung und Betrieb

7.1 Grundregeln für den sicheren Betrieb

Der Betrieb der SpectraClean-Serie ist nur zulässig, wenn alle Schutzmaßnahmen vollständig umgesetzt sind. Der Bediener muss vor jedem Arbeitsbeginn sicherstellen, dass der Laserbereich eingerichtet, gekennzeichnet und gegen Zutritt unbefugter Personen gesichert ist. Es darf niemals „kurz mal eben“ ohne vollständige Sicherheitsumgebung gearbeitet werden, auch nicht für Tests.

Vor jedem Start gilt:

- Laserbereich kontrollieren: keine unbefugten Personen, keine reflektierenden Gegenstände im Strahlungsfeld, keine brennbaren Materialien
- Persönliche Schutzausrüstung anlegen: Laserschutzbrille (1064–1080 nm, passende Schutzstufe), geeignete Schutzkleidung je nach Prozess
- Absaugung/Filtration aktivieren, sofern Prozessrauch oder Partikel entstehen können
- Not-Aus und Abschaltmöglichkeiten lokalisieren und sicherstellen, dass sie frei erreichbar sind
- Reinigungskopf und Faser optisch prüfen: keine Knicke, keine Beschädigungen, keine lose Steckverbindungen
- Lüfteröffnungen prüfen: frei, nicht abgedeckt, kein starker Staub-/Ölbelag

Der Bediener darf die Anlage nur betreiben, wenn er die Bedienlogik, die Parameter und die Notfallmaßnahmen sicher beherrscht. Bei Unsicherheit ist der Betrieb zu unterbrechen und die verantwortliche Fachkraft (z. B. Laserschutzbeauftragter) zu informieren.

7.2 Einschalt- und Startablauf (empfohlene Reihenfolge)

Der genaue Einschaltablauf kann je nach Ausführung variieren. Für einen sicheren Ablauf empfiehlt beamdeals GmbH folgende Reihenfolge:

1. Arbeitsplatz vorbereiten
 - Werkstück fixieren, sodass es nicht verrutschen oder kippen kann
 - Umgebung frei räumen (brennbar, reflektierend, unnötige Werkzeuge)
 - Absaugung korrekt positionieren, Filtereinsatz prüfen
2. System anschließen und prüfen
 - Netzanschluss herstellen (nur an geeigneter, geerdeter Versorgung)
 - Sichtprüfung Kabel, Steckverbindungen, Reinigungskopf, Faser
 - Sicherstellen, dass keine mechanische Spannung auf Faser/Handstück wirkt
3. System einschalten
 - Hauptschalter betätigen
 - Systemstart abwarten und Anzeigen prüfen
 - Sicherstellen, dass Lüfter anlaufen und Luftstrom spürbar ist
4. Freigabeprozess im Laserbereich
 - Zutrittskontrolle aktiv (Tür, Absperrung, Schilder, Warnleuchte)
 - Alle Personen im Laserbereich müssen PSA tragen
 - Kommunikationsregel: „Laser aktiv“ wird eindeutig angesagt
5. Parameter initialisieren (immer konservativ starten)
 - Beginne grundsätzlich mit niedriger Leistung und niedriger Pulsenergie
 - Erhöhe schrittweise nach Bedarf, niemals sprunghaft
 - Bei spiegelnden Materialien besonders konservativ vorgehen

7.3 Arbeitsweise am Werkstück (Handführung und Abstand)

Der Reinigungskopf wird so geführt, dass der Laserfleck gleichmäßig über die zu reinigende Fläche bewegt wird. Ziel ist ein kontrollierter, reproduzierbarer Abtrag ohne Überhitzung oder Materialschädigung.

Empfohlene Grundprinzipien:

- Reinigungskopf ruhig und gleichmäßig führen
- keine langen Standzeiten auf einem Punkt (Hotspot-Vermeidung)
- lieber mehrere Durchgänge mit moderater Einstellung als ein Durchgang „maximal“
- Werkstück so positionieren, dass Reflexionen nach unten oder in eine sichere Richtung gehen, niemals in den Raum oder auf Augenhöhe

Je nach Oberfläche kann ein leicht schräger Arbeitswinkel sinnvoll sein, um direkte Rückreflexionen in Richtung Reinigungskopf und Bediener zu reduzieren. Der genaue Arbeitswinkel wird im Testbetrieb anhand von Ergebnis und Reflexionsverhalten festgelegt.

7.4 Parameterverständnis: Leistung, Pulsenergie, Frequenz und Scan

Die Reinigungswirkung entsteht nicht allein durch „Watt“. Entscheidend ist die Kombination aus Laserleistung, Pulsenergie, Frequenz und Scanbewegung. Der Betreiber muss diese Zusammenhänge verstehen und anwendungsspezifisch festlegen.

7.4.1 Laserleistung (100 W, 200 W, 300 W, 500 W)

Laserleistung bestimmt im Wesentlichen die maximale verfügbare Energie pro Zeit. Höhere Leistung ermöglicht höhere Flächenleistung und schnelleres Arbeiten, erhöht aber auch:

- Gefahrpotenzial (Strahlung, Reflexionen)
- Brandrisiko
- thermische Belastung des Werkstücks
- Anforderungen an Prozessdisziplin und Einhausung

Orientierung:

- 100 W: feine Reinigung, empfindliche Oberflächen, kleine Flächen, geringeres Risiko bei Parametertests
- 200 W: universeller Bereich, viele Standardanwendungen, guter Kompromiss aus Abtrag und Kontrolle
- 300 W: hohe Flächenleistung, robuste Anwendungen, Serienbetrieb möglich, Reflexionen und Prozessdisziplin wichtig
- 500 W: maximale Reinigungsleistung, schwere Anwendungen, hohe Verantwortung, nur für klar definierte Prozesse und erfahrenes Personal

7.4.2 Pulsenergie (1,5 mJ bis 100 mJ)

Die Pulsenergie beschreibt die Energie pro Puls. Sie beeinflusst die „Aggressivität“ des Abtrags.

Niedrige Pulsenergie (1,5–2 mJ):

- sehr kontrolliert und fein
- geeignet für empfindliche Materialien und Oberflächen
- geringeres Risiko von Substratbeschädigung
- häufig mehrere Durchgänge nötig

Mittlere Pulsenergie (5–15 mJ):

- typischer Industriebereich für viele Anwendungen
- gute Balance zwischen Abtrag und Oberflächenschonung
- geeignet für Rost, Oxid, leichte Beschichtungen (anwendungsabhängig)

Hohe Pulsenergie (50–100 mJ):

- sehr hoher Abtrag pro Puls
- stark erhöhte Gefahr von Funkenbildung, Materialaufrauung, lokalen Überhitzungen
- erhöhtes Rückreflexions- und Brandrisiko
- nur bei robusten Werkstoffen und definierten Prozessen einsetzen
- ausschließlich durch erfahrenes Personal und nach Testreihen

7.4.3 Pulsfrequenz

Die Pulsfrequenz bestimmt, wie viele Pulse pro Sekunde abgegeben werden. Eine höhere Frequenz kann zu gleichmäßigerer Bearbeitung führen, beeinflusst aber die mittlere Energieeinbringung und kann Wärmestau verursachen, wenn gleichzeitig die Scanbewegung zu langsam ist.

Grundregel:

- höhere Frequenz: gleichmäßiger, aber potenziell mehr Wärme
- niedrigere Frequenz: stärkerer Einzeleffekt je Puls, aber ggf. ungleichmäßiger

Die optimale Frequenz ist material- und schichtabhängig und muss im Testbetrieb ermittelt werden.

7.4.4 Scanmuster und Scangeschwindigkeit

Der Scanner bewegt den Strahl in definierten Mustern über das Werkstück. Scanmuster und Geschwindigkeit beeinflussen:

- Gleichmäßigkeit des Abtrags
- Wärmeeintrag pro Fläche
- Oberflächenstruktur nach der Reinigung

Für empfindliche Oberflächen empfiehlt sich ein Scanmuster, das Hotspots vermeidet und die Energie verteilt. Für starke Schichten kann ein konzentrierteres Muster mit mehreren Durchgängen sinnvoll sein.

7.5 Anwendungsbeispiele (praxisnah, als Orientierung)

Wichtig: Die folgenden Beispiele sind Orientierungswerte und ersetzen keine Testreihen. Werkstoffe, Beschichtungen und Verschmutzungen variieren stark. Der Betreiber ist verpflichtet, Parameter über Musterteile abzusichern und zu dokumentieren.

Beispiel A: Leichte Oxidschicht auf Stahl (vor Beschichtung)

- Ziel: Oxid entfernen, Grundmaterial nicht aufrauen
- Empfehlung: niedrige bis mittlere Pulsenergie, moderater Leistungsbereich, gleichmäßige Scanbewegung, mehrere leichte Durchgänge
- Typische Systeme: 100 W oder 200 W, je nach Flächenbedarf

Beispiel B: Rostentfernung auf Baustahl (mittlerer Rostgrad)

- Ziel: Rost entfernen, Oberfläche für Lackierung vorbereiten
- Empfehlung: mittlere Pulsenergie, ggf. höhere Leistung für Flächenleistung, Fokus auf gleichmäßige Führung, Absaugung unbedingt
- Typische Systeme: 200 W oder 300 W

Beispiel C: Entfernung von Lack auf Metall (mehrschichtig, robust)

- Ziel: Lack abtragen ohne massiven Grundmaterialangriff
- Empfehlung: mittlere bis höhere Pulsenergie mit kontrollierten Durchgängen, Brandrisiko beachten, Dämpfe/Partikel unbedingt absaugen
- Typische Systeme: 300 W oder 500 W, abhängig von Schichtdicke und Fläche

Beispiel D: Reinigung von Schweißnähten (Anlauffarben, Oxid)

- Ziel: Schweißnaht optisch und funktional reinigen
- Empfehlung: eher kontrollierte Einstellungen, gleichmäßige Führung, Reflexionsschutz beachten (nahe Geometrien)
- Typische Systeme: 100 W bis 300 W, abhängig vom Werkstück und Takt

Beispiel E: Öl-/Fett-/Produktionsrückstände

- Ziel: Entfetten/Anlösen von Rückständen ohne Chemie
- Empfehlung: konservative Parameter, Brandrisiko beachten (Öl kann entzünden), Absaugung
- Typische Systeme: 100 W oder 200 W, je nach Fläche

7.6 Qualitätskontrolle während des Betriebs

Der Bediener muss den Prozess visuell und organisatorisch überwachen. Dazu zählen:

- gleichmäßiges Reinigungsergebnis ohne „Brandstellen“
- keine übermäßige Funkenbildung
- keine ungewöhnlichen Geräusche oder Gerüche
- stabile Systemanzeigen ohne Fehlermeldungen

Bei auffälliger Funkenbildung oder sichtbarer Materialveränderung ist die Leistung zu reduzieren, Scangeschwindigkeit zu erhöhen oder der Prozess zu unterbrechen und zu prüfen.

7.7 Unterbrechung, Pausenbetrieb, Abschalten

Bei Pausen ist sicherzustellen:

- Laser deaktivieren bzw. in sicheren Zustand bringen
- Reinigungskopf so ablegen, dass keine unkontrollierte Ausrichtung möglich ist
- Laserbereich weiterhin gegen Zutritt sichern, solange der Laser freigegeben bleiben könnte

Beim Abschalten:

- Laser deaktivieren (sicherer Zustand)
- System kontrolliert herunterfahren
- Netz trennen, wenn Wartung oder Transport erfolgen soll

7.8 Verbotene Handlungen im Betrieb (klar und streng)

Folgende Handlungen sind unzulässig:

- Betrieb ohne vollständige PSA im Laserbereich
- Betrieb bei offenen/ungesicherten Zugängen
- Ausrichtung des Strahls in den Raum oder auf unkontrollierte Flächen
- Improvisierte Parameter ohne Tests bei unbekannten Beschichtungen
- Betrieb bei blockierten Lüfteröffnungen oder ausgefallenen Lüftern
- Arbeiten an elektrischen Komponenten ohne Fachqualifikation

Störungen, Fehlermeldungen und Notfallmaßnahmen

9.1 Grundsatz im Störfall

Störungen, Fehlermeldungen oder ungewöhnliche Betriebszustände sind immer ernst zu nehmen. Der Betrieb der SpectraClean-Serie darf nur fortgesetzt werden, wenn ein sicherer Zustand gewährleistet ist.

Im Zweifel gilt: Betrieb unterbrechen, Anlage sichern, Ursache klären.

Der Betreiber ist verpflichtet, klare interne Regeln für den Umgang mit Störungen festzulegen und das Bedienpersonal entsprechend zu unterweisen.

9.2 Typische Anzeichen für Störungen

Störungen können sich auf unterschiedliche Weise bemerkbar machen. Typische Warnsignale sind:

- Fehlermeldungen oder Warnanzeigen an der Steuerung
- ungewöhnliche Geräusche, insbesondere aus dem Lüfterbereich
- verringerte oder schwankende Reinigungsleistung
- ungewöhnliche Gerüche (z. B. verschmort, elektrisch, stark verbrannt)
- übermäßige Funkenbildung oder sichtbare Flammen
- unerwartete Abschaltungen oder Neustarts
- spürbare Überhitzung des Gehäuses

Diese Anzeichen dürfen nicht ignoriert werden.

9.3 Sofortmaßnahmen bei Störungen

Tritt während des Betriebs eine Störung oder ein unsicherer Zustand auf, sind folgende Maßnahmen unverzüglich durchzuführen:

- Laser deaktivieren bzw. Prozess sofort beenden
- Anlage in sicheren Zustand bringen
- Not-Aus betätigen, wenn Gefahr für Personen oder Sachwerte besteht
- Laserbereich sichern, Zutritt unbefugter Personen verhindern
- Ursache nicht durch improvisierte Maßnahmen überbrücken

Erst nach vollständiger Klärung darf der Betrieb wieder aufgenommen werden.

9.4 Notfallmaßnahmen bei Personen- oder Brandgefahr

9.4.1 Gefahr für Personen

Besteht der Verdacht auf eine Gefährdung von Personen, z. B. durch Laserexposition, Rauch oder elektrische Gefahren, ist der Betrieb sofort zu beenden.

Maßnahmen:

- Not-Aus betätigen
- betroffene Person aus dem Gefahrenbereich bringen
- Erste-Hilfe-Maßnahmen einleiten
- bei Augen- oder Hautexposition medizinische Abklärung veranlassen
- Unfall gemäß betrieblicher Vorgaben melden und dokumentieren

Auch bei scheinbar geringer Exposition ist eine ärztliche Untersuchung dringend zu empfehlen, da Laserschäden verzögert auftreten können.

9.4.2 Brand oder Rauchentwicklung

Bei Brandgefahr oder Rauchentwicklung ist unverzüglich zu handeln.

Maßnahmen:

- Laser deaktivieren
- Not-Aus betätigen
- Brand mit geeignetem Feuerlöscher bekämpfen, sofern gefahrlos möglich
- Laserbereich räumen
- interne und externe Notfallstellen informieren

Wasser darf nur verwendet werden, wenn keine elektrische Gefahr besteht und dies brandschutztechnisch zulässig ist.

9.5 Wiederinbetriebnahme nach Störungen

Nach einer Störung darf die Anlage nur dann wieder in Betrieb genommen werden, wenn:

- die Ursache eindeutig identifiziert wurde
- die Störung fachgerecht beseitigt wurde
- alle Schutzfunktionen überprüft wurden
- keine sicherheitsrelevanten Beeinträchtigungen mehr vorliegen

Bei sicherheitsrelevanten Störungen empfiehlt beamdeals GmbH, den Vorfall zu dokumentieren und die betroffenen Personen erneut zu unterweisen.

9.6 Typische Fehlerquellen (Orientierung)

Häufige Ursachen für Störungen sind:

- blockierte oder verschmutzte Lüfter
- Überhitzung durch unzureichende Belüftung
- beschädigte oder geknickte Glasfaser
- ungeeignete oder zu aggressive Parameter
- starke Rückreflexionen
- elektrische Probleme (Spannungseinbruch, beschädigte Kabel)

Diese Punkte sollten bei der Fehlersuche systematisch überprüft werden.

9.7 Verbotene Maßnahmen im Störfall

Unzulässig sind insbesondere:

- Weiterbetrieb trotz aktiver Fehlermeldungen
- Überbrücken von Schutz- oder Überwachungseinrichtungen
- provisorische Reparaturen ohne Fachkenntnis
- Ignorieren von Warnsignalen

Solche Maßnahmen erhöhen das Risiko schwerer Unfälle erheblich und gelten als Fehlanwendung.

9.8 Dokumentation von Störungen

Alle sicherheitsrelevanten Störungen sollten dokumentiert werden. Die Dokumentation sollte mindestens enthalten:

- Datum und Uhrzeit
- Beschreibung der Störung
- getroffene Sofortmaßnahmen
- verantwortliche Personen
- Freigabe zur Wiederinbetriebnahme

Diese Dokumentation dient der internen Sicherheit, der Nachweisführung und der kontinuierlichen Verbesserung der Prozesse.

Außerbetriebnahme, Stilllegung und Entsorgung

10.1 Grundsatz zur Außerbetriebnahme

Die SpectraClean-Serie darf nur dann außer Betrieb genommen oder stillgelegt werden, wenn sichergestellt ist, dass von der Anlage keine Gefährdung mehr ausgeht. Auch im ausgeschalteten Zustand ist die Anlage als potenziell gefährliches Arbeitsmittel zu behandeln, solange sie nicht vollständig gesichert ist.

Der Betreiber ist verantwortlich für eine sichere Außerbetriebnahme sowie für die Einhaltung aller gesetzlichen Vorgaben zur Entsorgung.

10.2 Kurzfristige Außerbetriebnahme (z. B. Arbeitsende, Produktionspause)

Bei einer kurzfristigen Außerbetriebnahme, etwa am Ende eines Arbeitstages oder bei Pausen, sind folgende Schritte einzuhalten:

- Laser deaktivieren und in sicheren Zustand bringen
- Reinigungsvorgang beenden
- Reinigungskopf so ablegen, dass keine unkontrollierte Ausrichtung möglich ist
- Anlage ordnungsgemäß herunterfahren
- Laserbereich weiterhin sichern, solange die Anlage nicht vollständig abgeschaltet ist

Auch bei kurzen Pausen darf die Anlage nicht unbeaufsichtigt im aktivierten Zustand verbleiben.

10.3 Längere Stilllegung

Bei einer längeren Stilllegung (z. B. mehrere Tage, Wochen oder Monate) sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich.

Empfohlene Vorgehensweise:

- Anlage vollständig ausschalten
- Netzanschluss trennen
- Reinigungskopf, Glasfaser und Kabel spannungsfrei und geschützt ablegen
- Lüfteröffnungen vor starker Verschmutzung schützen (z. B. Abdeckung, trockene Umgebung)
- Anlage in einem trockenen, sauberen Raum lagern

Vor der Wiederinbetriebnahme nach längerer Stilllegung ist eine vollständige Sicht- und Funktionsprüfung durchzuführen.

10.4 Endgültige Stilllegung

Bei endgültiger Stilllegung oder Aussonderung aus dem Betrieb muss sichergestellt sein, dass die Anlage nicht mehr unbeabsichtigt in Betrieb genommen werden kann.

Dazu gehören:

- dauerhafte Trennung vom Stromnetz
- Kennzeichnung als außer Betrieb
- Sicherung gegen unbefugte Nutzung

Lasieranlagen dürfen nicht ungesichert an Dritte weitergegeben werden, ohne dass diese über die Gefahren und Sicherheitsanforderungen informiert wurden.

10.5 Entsorgung

Die Entsorgung der SpectraClean-Serie hat gemäß den geltenden gesetzlichen Vorschriften zu erfolgen. Elektrische und elektronische Komponenten unterliegen speziellen Entsorgungsregelungen.

Der Betreiber ist verpflichtet:

- nationale und europäische Entsorgungsvorschriften einzuhalten
- elektronische Baugruppen fachgerecht zu entsorgen
- umweltgefährdende Stoffe ordnungsgemäß zu behandeln

Eine Entsorgung über den Hausmüll ist unzulässig.

10.6 Weitergabe oder Verkauf

Bei Weitergabe, Verkauf oder Verleih der Anlage ist sicherzustellen, dass:

- dieses Handbuch vollständig übergeben wird
- der neue Betreiber über die Laserklasse 4 und die damit verbundenen Pflichten informiert ist
- sicherheitsrelevante Kennzeichnungen vorhanden und lesbar sind

Die Verantwortung für den sicheren Betrieb geht mit der Übergabe auf den neuen Betreiber über.

Rechtliche Hinweise, Gewährleistung und Haftung (B2B)

11.1 Geltungsbereich und Vertragsgrundlage

Dieses Handbuch gilt für die SpectraClean-Serie Laserreinigungssysteme, die von der beamdeals GmbH an gewerbliche Kunden geliefert werden. Die Lieferung und Nutzung der Anlage erfolgt ausschließlich im B2B-Bereich.

Maßgeblich für Rechte und Pflichten sind:

- der jeweilige Kaufvertrag
- die Allgemeinen Geschäftsbedingungen der beamdeals GmbH
- dieses Benutzerhandbuch als Bestandteil der technischen Dokumentation

Abweichende oder ergänzende Vereinbarungen bedürfen der Schriftform.

11.2 Kein Verbraucherprodukt

Die SpectraClean-Serie ist kein Verbraucherprodukt. Sie ist ausschließlich für den Einsatz durch Unternehmen und fachkundiges Personal bestimmt. Eine Nutzung durch private Endanwender ist ausgeschlossen.

Der Betreiber bestätigt mit Inbetriebnahme der Anlage, dass:

- er als Unternehmer handelt
- qualifiziertes Personal eingesetzt wird
- die betrieblichen Voraussetzungen für den sicheren Betrieb gegeben sind

11.3 Gewährleistung

Die Gewährleistung richtet sich nach den vertraglichen Vereinbarungen und den gesetzlichen Bestimmungen für den B2B-Bereich.

Die Gewährleistung bezieht sich auf:

- die Funktionsfähigkeit der gelieferten Anlage
- die Übereinstimmung mit den vereinbarten technischen Spezifikationen zum Zeitpunkt der Übergabe

Von der Gewährleistung ausgeschlossen sind insbesondere Schäden, die zurückzuführen sind auf:

- Fehlanwendung oder nicht bestimmungsgemäße Nutzung
- Nichteinhaltung dieses Handbuchs
- unzureichende oder fehlende Schutzmaßnahmen
- fehlende oder mangelhafte Wartung
- unsachgemäße Parametrierung
- Betrieb außerhalb der zulässigen Umgebungsbedingungen
- eigenmächtige Umbauten oder Reparaturen
- Einsatz nicht freigegebener Zubehör- oder Ersatzteile

Verschleißteile und betriebsbedingter Verschleiß unterliegen nicht der Gewährleistung, sofern nicht ausdrücklich anders vereinbart.

11.4 Haftung

Die Haftung der beamdeals GmbH richtet sich nach den vertraglichen Regelungen und den gesetzlichen Bestimmungen.

Soweit rechtlich zulässig, ist die Haftung ausgeschlossen oder beschränkt für Schäden, die entstehen durch:

- unsachgemäßen oder sicherheitswidrigen Betrieb
- Missachtung von Sicherheits- und Warnhinweisen
- fehlende oder unzureichende Gefährdungsbeurteilung durch den Betreiber
- organisatorische Mängel im Betrieb
- unzureichende Unterweisung von Bedienern
- Nutzung der Anlage für nicht vorgesehene Anwendungen

Die Verantwortung für die sichere Integration der Anlage in den betrieblichen Ablauf liegt ausschließlich beim Betreiber.

11.5 Betreiberverantwortung

Der Betreiber trägt die volle Verantwortung für:

- die Einhaltung aller einschlägigen Gesetze, Verordnungen und Normen
- den Arbeitsschutz und den Laserschutz
- die Organisation des sicheren Betriebs
- die Auswahl, Unterweisung und Beaufsichtigung des Personals
- die Durchführung und Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung
- die Festlegung von Arbeitsanweisungen und Notfallplänen

beamdeals GmbH übernimmt keine Verantwortung für betriebliche Abläufe, die außerhalb des Einflussbereichs des Herstellers liegen.

11.6 Änderungen und Weiterentwicklungen

beamdeals GmbH behält sich vor, technische Änderungen, Weiterentwicklungen oder Verbesserungen an der Anlage vorzunehmen, sofern diese die grundsätzliche Funktion und Sicherheit nicht beeinträchtigen.

Aus diesem Grund können Abbildungen, Beschreibungen oder technische Daten in diesem Handbuch in einzelnen Punkten vom gelieferten Produkt abweichen.

11.7 Urheberrecht und Nutzung der Dokumentation

Dieses Handbuch ist urheberrechtlich geschützt. Es darf:

- für den internen Gebrauch im Betrieb vervielfältigt werden
- an Bediener und verantwortliche Personen weitergegeben werden

Eine Weitergabe an Dritte außerhalb des eigenen Betriebs oder eine Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung der beamdeals GmbH.

Anhang – Checklisten, Vorlagen und Sicherheitspakete

12.1 Online-Sicherheitsbereich der beamdeals GmbH

Zur Unterstützung des Betreibers stellt die beamdeals GmbH einen zentralen Online-Sicherheitsbereich mit umfangreichen sicherheitsrelevanten Dokumenten, Vorlagen und Checklisten zur Verfügung.

Der Sicherheitsbereich ist erreichbar unter:

<https://beamdeals.de/pages/sicherheit>

Dort finden Kunden der beamdeals GmbH eine Sammlung praxisorientierter Unterlagen zur Umsetzung der gesetzlichen und normativen Anforderungen beim Betrieb von Laseranlagen der Klasse 4.

Die bereitgestellten Inhalte dienen insbesondere der Unterstützung bei:

- Arbeitsschutz und Lasersicherheit
- Organisation des Laserbetriebs
- Dokumentation gegenüber Behörden, Berufsgenossenschaften und Versicherungen
- internen Audits und Sicherheitsüberprüfungen

12.2 Enthaltene Sicherheitsdokumente und Vorlagen

Im Online-Sicherheitsbereich stehen unter anderem folgende Dokumente zur Verfügung:

- Muster-Betriebsanweisung für Laseranlagen
<https://beamdeals.de/pages/sicherheit>
- Muster-Laserschutzunterweisung zur Schulung von Bedienern
<https://beamdeals.de/pages/sicherheit>
- Vorlage zur Gefährdungsbeurteilung für Laserarbeitsplätze
<https://beamdeals.de/pages/sicherheit>
- Einweisungs- und Unterweisungsprotokolle für Bedienpersonal
<https://beamdeals.de/pages/sicherheit>
- Register der laserberechtigten Personen
<https://beamdeals.de/pages/sicherheit>
- Inbetriebnahme-Checkliste für Laseranlagen
<https://beamdeals.de/pages/sicherheit>
- Tages-Start-Checkliste für den sicheren Betrieb
<https://beamdeals.de/pages/sicherheit>
- Wartungs- und Prüfprotokolle
<https://beamdeals.de/pages/sicherheit>
- Dokumente zur Prüfung von Not-Aus-Einrichtungen und Interlocks
<https://beamdeals.de/pages/sicherheit>
- Notfall- und Brandschutzdokumente für Laserarbeitsplätze
<https://beamdeals.de/pages/sicherheit>
- PSA-Ausgabe- und Nachweisdokumentation
<https://beamdeals.de/pages/sicherheit>
- Material- und Parameterfreigabelisten für Laserreinigungsprozesse
<https://beamdeals.de/pages/sicherheit>

12.3 Nutzung der bereitgestellten Vorlagen

Die auf der genannten Webseite bereitgestellten Dokumente sind als Muster und Arbeitshilfen zu verstehen. Sie müssen vom Betreiber an die konkreten betrieblichen Gegebenheiten angepasst werden.

Insbesondere sind anzupassen:

- Firmenname, Anschrift und verantwortliche Personen
- konkrete Anlagenbezeichnung und Seriennummer
- örtliche Gegebenheiten des Laserbereichs
- eingesetzte Leistungsstufe und Pulsenergie
- betriebliche Abläufe und Zuständigkeiten

Eine unveränderte Verwendung ohne Anpassung an den eigenen Betrieb ist nicht ausreichend.

12.4 Verantwortung des Betreibers

Die Nutzung der Dokumente aus dem Online-Sicherheitsbereich entbindet den Betreiber nicht von seiner Verantwortung. Der Betreiber bleibt verantwortlich für:

- Vollständigkeit der Dokumentation
- korrekte Umsetzung der Schutzmaßnahmen
- regelmäßige Aktualisierung der Unterlagen
- Schulung und Unterweisung des Personals

Die bereitgestellten Unterlagen sind als unterstützendes Instrument zu verstehen, um den sicheren und rechtskonformen Betrieb der SpectraClean-Serie zu erleichtern.

Betriebsanweisung (Muster)

Laserreinigungsanlage SpectraClean-Serie
Laserklasse 4

Arbeitgeber / Betreiber: _____
Arbeitsbereich / Standort: _____
Anlagenbezeichnung / Seriennummer: _____
Datum / Version: _____

1. Anwendungsbereich

Diese Betriebsanweisung gilt für den Betrieb der Laserreinigungsanlagen der SpectraClean-Serie der beamdeals GmbH. Sie ist verbindlich für alle Personen, die die Anlage bedienen oder sich während des Betriebs im Laserbereich aufhalten.

Die Anlage ist ausschließlich für den gewerblichen Einsatz bestimmt. Der Betrieb ist nur durch unterwiesenes und autorisiertes Personal zulässig.

2. Gefahren für Mensch und Umwelt

Laserklasse 4

Die Anlage emittiert hochenergetische, unsichtbare Laserstrahlung im Wellenlängenbereich 1064–1080 nm. Direkte oder reflektierte Laserstrahlung kann zu schweren Augen- und Hautverletzungen führen.

Weitere Gefährdungen:

- Gefährliche Reflexionen an metallischen oder spiegelnden Oberflächen
- Brand- und Explosionsgefahr durch hohe Energiedichte
- Gesundheitsgefahr durch Rauch, Dämpfe und Partikel
- Elektrische Gefährdung durch Netzspannung
- Thermische Gefährdung durch erhitzte Werkstücke

3. Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln

3.1 Organisatorische Maßnahmen

- Betrieb nur in einem definierten und gesicherten Laserbereich
- Zutritt nur für autorisierte Personen
- Einhaltung der betrieblichen Gefährdungsbeurteilung
- Unterweisung der Beschäftigten vor Aufnahme der Tätigkeit und regelmäßig danach
- Bestellung eines Laserschutzbeauftragten, sofern gesetzlich erforderlich

Spectra-Clean Benutzerhandbuch

3.2 Persönliche Schutzausrüstung

Im Laserbereich ist zwingend zu tragen:

- Laserschutzbrille geeignet für 1064–1080 nm mit ausreichender optischer Dichte
- geeignete Arbeitskleidung
- ggf. Handschuhe und Atemschutz je nach Anwendung

3.3 Technische Schutzmaßnahmen

- Laser nur bei vollständig eingerichteter Zutrittskontrolle betreiben
- Warnschilder und Kennzeichnungen beachten
- Not-Aus jederzeit frei zugänglich halten
- Lüfteröffnungen frei halten, ausreichende Belüftung sicherstellen
- Absaugung bei entstehenden Dämpfen oder Partikeln einsetzen

3.4 Verhalten vor Arbeitsbeginn

- Sichtprüfung der Anlage durchführen
- Reinigungskopf und Glasfaser auf Beschädigungen prüfen
- Laserbereich kontrollieren (keine unbefugten Personen, keine brennbaren Stoffe)
- PSA vollständig anlegen
- Not-Aus-Funktion bekannt machen

3.5 Verhalten während des Betriebs

- Laser niemals auf Personen oder unkontrollierte Bereiche richten
- Reinigungskopf gleichmäßig führen, keine Punktbelastung
- Reflexionen vermeiden, insbesondere an blanken Oberflächen
- Parameter nur im zulässigen Bereich einstellen
- Anlage niemals unbeaufsichtigt im aktiven Zustand lassen

4. Verhalten bei Störungen und im Gefahrenfall

Bei Störungen, Fehlermeldungen, ungewöhnlichen Geräuschen, Gerüchen oder übermäßiger Funkenbildung:

- Laser sofort deaktivieren
- Betrieb unterbrechen
- Not-Aus betätigen, wenn Gefahr besteht
- Laserbereich sichern
- Ursache fachgerecht klären lassen

Bei Personen- oder Brandgefahr:

- Laser sofort abschalten
- betroffene Personen aus dem Gefahrenbereich bringen
- Erste-Hilfe-Maßnahmen einleiten
- interne Notfallstellen informieren

5. Wartung und Instandhaltung

- Wartungsarbeiten nur im ausgeschalteten und spannungsfreien Zustand
- Arbeiten an elektrischen Komponenten nur durch Fachpersonal
- Lüfter, Reinigungskopf und Glasfaser regelmäßig prüfen
- Wartungs- und Prüfmaßnahmen dokumentieren

Eigenmächtige Umbauten, Manipulationen oder Reparaturen sind unzulässig.

6. Verbotene Handlungen

- Betrieb ohne PSA
- Betrieb außerhalb des Laserbereichs
- Überbrücken oder Manipulieren von Sicherheitseinrichtungen
- Betrieb bei beschädigter Glasfaser oder defekten Lüftern
- Nutzung durch nicht unterwiesene Personen

7. Rechtlicher Hinweis

Diese Betriebsanweisung basiert auf den Vorgaben des Herstellers und den allgemeinen Anforderungen an den Betrieb von Laseranlagen der Klasse 4. Sie ersetzt nicht die betriebliche Gefährdungsbeurteilung und entbindet den Betreiber nicht von seinen gesetzlichen Pflichten.

Ergänzende Sicherheitsdokumente, Vorlagen und Checklisten stellt die beamdeals GmbH online zur Verfügung:

<https://beamdeals.de/pages/sicherheit>

8. Bestätigung

Ich bestätige, dass ich diese Betriebsanweisung gelesen, verstanden und die Inhalte zur Kenntnis genommen habe.

Name (in Druckschrift): _____

Datum / Unterschrift: _____