

IPL-Behandlungsgeräte

Messung der Strahlungsenergie an IPL-Handstücken

Autor: K. Dickmann

Gesetzliche Regelungen und Vorschriften

Für den Einsatz von IPL-Behandlungsgeräten in der Medizin (**Bild 1**) sind die Anforderungen an regelmäßige sicherheitstechnische Kontrollen umfassend geregelt (Normreihe DIN EN 60601 sowie MedGV). Entsprechende klare Vorschriften fehlen jedoch (noch!)¹ für den IPL-Einsatz im kosmetischen Bereich. Inhalte einer EU-Richtlinie sind zwar national in das „Gesetz zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen (NiSG)“ umgesetzt, jedoch enthält dieses keine detaillierten Anforderungen zur Durchführung von Messungen und deren Dokumentation.

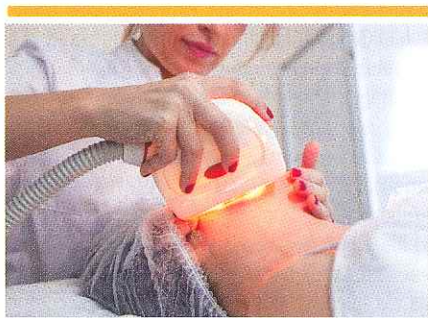


Bild 1: Anwendung eines professionellen IPL-Behandlungsgerätes in der Kosmetik zur Hautverjüngung

Daher hat der Verband ICADA e.V. einen „Branchenstandard für kosmetische Geräte mit intensiv gepulstem Licht (IPL)“ herausgegeben [1], zu dessen Einhaltung sich alle Mitglieder des Verbandes verpflichtet haben, bis von staatlicher Seite eine entsprechende Rechts-

>> Für eilige Leser Intensiv gepulstes Licht („IPL“) wird in der Dermatologie für unterschiedliche Hautbehandlungen und in der Kosmetik bspw. zur Hautverjüngung, Haarentfernung sowie Behandlung von Akne und Pigmentstörungen vielseitig eingesetzt. Maßgeblich für die Wechselwirkung mit der Haut ist dabei die aus der Optik des Handstücks austretende Strahlungsenergie. Diese wird bei IPL-Geräten auch im Rahmen von Wartungs- und Servicearbeiten überprüft. Dafür bieten sich spezielle Messverfahren an, die auch aus der Lasertechnik bekannt sind.

verordnung mit näheren Details vorliegt. Die selbstaufgelegten Beschränkungen des ICADA umfassen eindeutige Angaben zu Bestrahlungsgrenzwerten, Pulsdauern und Wellenlängenbereich sowie die Verpflichtung zur jährlichen Geräteüberprüfung inkl. Führen eines Geräte- und Betriebsbuches. (Hinweis: Es ist auch eine Informations-Broschüre „Gepulste intensive Lichtquellen – nicht Laserquellen – für medizinische und kosmetische Anwendungen“ verfügbar, die vom Fachausschuss Elektrotechnik der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung publiziert wurde [2]. Hierin geht es jedoch vor-

allem um die Augengefährdung durch optische Strahlung während des IPL-Einsatzes und geeignete Schutzmaßnahmen, nicht um die IPL-Behandlung als solche). Da die Überprüfung von IPL-Behandlungsgeräten auf Einhaltung von Strahlungsgrenzwerten zunehmend an Bedeutung gewinnt, widmet sich dieser Beitrag geeigneten Verfahren zur Messung der Pulsenergie.

Eigenschaften von IPL-Strahlung und damit verbundene Besonderheiten bei der Energiemessung

Die Messung der Strahlungsenergie² gestaltet sich nicht unproblematisch, da die von IPL-Geräten emittierte optische Strahlung durch eine Reihe charakteristischer Eigenschaften gekennzeichnet ist. Dazu zählen vor allem:

- (1) hohe Bandbreite des optischen Spektrums (UV, VIS, NIR)³
- (2) gepulste Emission (ms-Bereich)
- (3) hohe Pulsenergie (einige 10 J)
- (4) große Emissionsfläche (einige cm²)

zu 1: In IPL-Handstücken verwendete Xenon-Kurzbogenlampen im Pulsbetrieb emittieren ein breites Wellenlängenspektrum im Bereich 250 nm bis 1.400 nm (**Bild 2**). Dieses ist im Bereich von 800 nm bis 1.000 nm durch charakteristi-

¹ Mit der DIN EN 60335-2-113 (2015-05) liegt ein Norm-Entwurf vor, der sich auch auf die Sicherheit von IPL-Behandlungsgeräten bei kosmetischen Anwendungen bezieht.

² Tatsächlich ist es die auf die Strahlfläche bezogene Energie pro Puls („Bestrahlung“ oder „Energiedichte“).

³ UV: ultravioletter Bereich; VIS: (visible) sichtbarer Bereich; NIR: naher Infrarotbereich

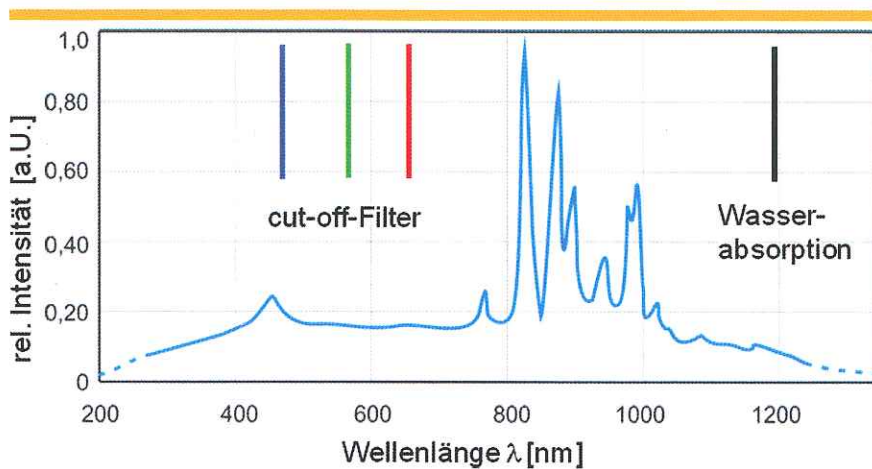


Bild 2: Charakteristisches Wellenlängenspektrum einer Xenon-Kurzbogenlampe für IPL-Behandlungsgeräte und Einschränkung des Spektrums für individuelle Behandlungen

sche intensitätsstarke Linien gekennzeichnet. Während des IPL-Betriebs wird die Lampe im Handstück von Kühlwasser umströmt, das gleichzeitig auch den oberen Wellenlängenbereich ab ca. 1.200 nm absorbiert. Der untere, zum UV-Bereich gerichtete Wellenlängenbereich, wird in Abhängigkeit vom individuellen Behandlungsfall vom Anwender durch Einsatz unterschiedlicher „Cut-off-Filter“ im Handstück abgetrennt (**Bild 3**). Somit steht für die Behandlung ein reduziertes variables Spektrum im sichtbaren (VIS) Bereich bis zum nahen IR-Bereich zur Verfügung (**Bild 2**).

zu 2: In modernen IPL-Geräten kann das Pulsverhalten zur effizienten Behandlung in weiten Bereichen variiert werden. Für den „Singlepuls-Betrieb“ können Pulsdauer (bis zu einigen 10 ms) und -Amplitude variiert werden. Bei der Option „Multipuls-Betrieb“ können innerhalb des Pulszuges neben der Anzahl der darin enthaltenen Subpulse auch deren Dauer sowie

die Pausen (typ. 10-ms-Bereich) zwischen den einzelnen Subpuls variiert werden.

zu 3: Typische Energien pro Puls bzw. Pulszug in IPL's betragen bis zu 100 J (Gesamtenergie, nicht Energiedichte!).

zu 4: Die von der stabförmigen Xenonlampe emittierte Strahlung wird von einem umgebenden Reflektor zur Austrittsöffnung des Handstücks gerichtet (**Bild 3**). Die Strahlführung bis zum Austrittsfenster im Handstück erfolgt durch optische Waveguides („Homogenisierer“) nach unterschiedlichen Prinzipien mit dem Ziel, die Energiedichte über den gesamten Strahlquerschnitt weitestgehend zu homogenisieren. Entsprechend der länglichen Lampeengeometrie ergibt sich ein rechteckförmiges Strahlprofil je nach Ausführung des Handstücks mit Abmessungen bis zu 20 mm x 60 mm. Das Resultat für eine nicht optimale Strahlhomogenisierung zeigt **Bild 4** am Beispiel des IPL-Einsatzes zur Haarentfernung. Hier ist deutlich zu erken-

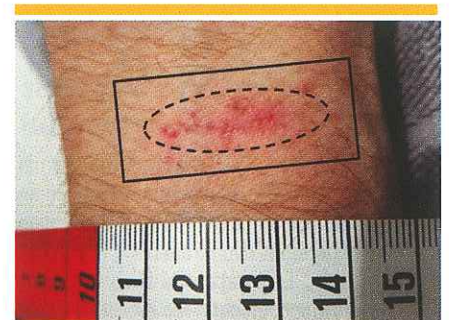


Bild 4: Nicht optimale Strahlhomogenisierung am Beispiel des IPL-Einsatzes zur Haarentfernung

nen, dass die Energiedichte im Randbereich der Strahlfläche zur gezielten Haarentfernung führte, während eine erhöhte Energiedichte im Strahlzentrum zusätzlich eine deutliche Hautschädigung zur Folge hatte.

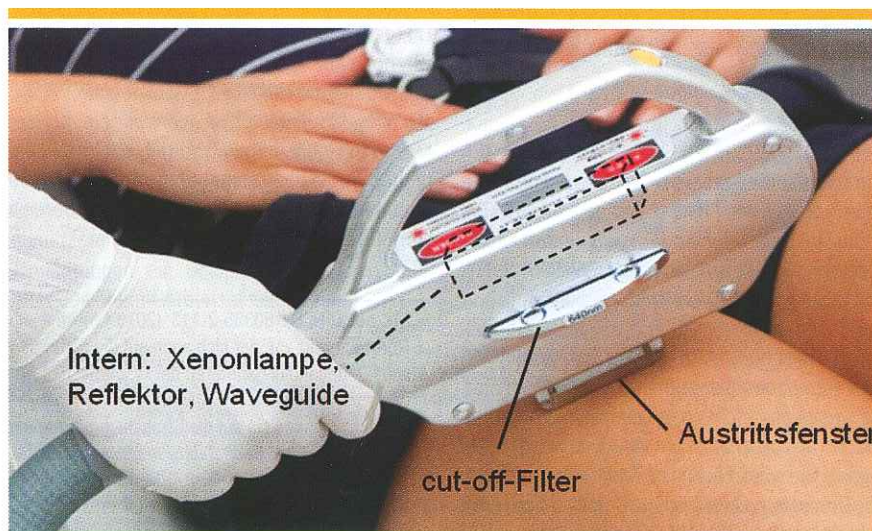


Bild 3: Das IPL-Handstück beinhaltet die Xenon-Kurzbogenlampe mit Reflektor, Waveguide zur Strahlführung und Homogenisierung sowie Cut-off-Filter und Austrittsfenster

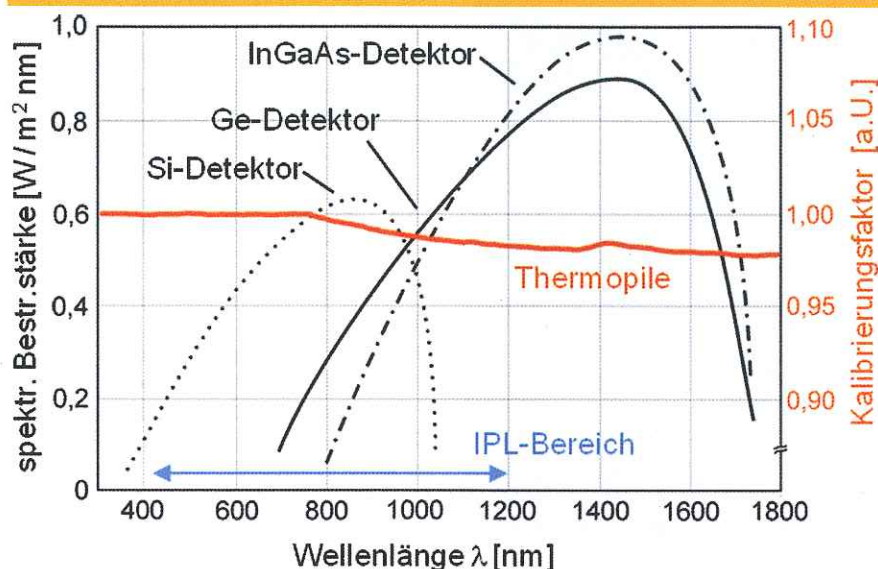


Bild 5: Spektrale Empfindlichkeit von unterschiedlichen Photodetektoren („schwarze Kurven“) und Kalibrierungskurve von Thermischen (Thermopile-) Detektoren („orange“)

Geeignete Messverfahren zur Strahlungsmessung

Strahlungs-Messsysteme auf der Basis von optischen Halbleiter-Detektoren (Si, Ge, InGaAs) sind für die Messung von IPL-Strahlung ungeeignet, da die spektrale Empfindlichkeit stark von der Wellenlänge abhängt (**Bild 5** „schwarze Kurven“). Entsprechende Leistungs-/Energie-Messsysteme sind in der Lasertechnik im Wellenlängenbereich vom UV bis in das nahe IR gebräuchlich; die Messkurve ist entsprechend **Bild 5** wellenlängenabhängig kalibriert. Für die Durchführung der Messung muss daher die Wellenlänge berücksichtigt werden (wird i. A. vom Messsystem nach Eingabe der Wellenlänge übernommen und intern berücksichtigt).

Für die Strahlungsmessung an IPL's bieten sich jedoch spektrale sowie thermisch basierte Messverfahren grundsätzlich an:

Bei spektralen Messverfahren wird ein Spektrometer mit kalibrierter Skala für die „spektrale Bestrahlungsstärke“ benötigt. Die Fläche unter dem Spektrum entspricht dann der gesuchten Bestrahlungsstärke. Diese Messverfahren sind

aufgrund der erforderlichen Kalibrierung in Kombination mit einer speziellen Auswertesoftware sehr aufwändig und komplex.

Bei thermisch basierten Messverfahren („Thermopile“) wird über die Erwärmung eines Absorbers im Strahlengang auf die Strahlenergie zurückgeschlossen. Dazu befindet sich in dem Absorber eine Vielzahl in Reihe geschalteter Thermoelemente, deren Ausgangsspannung ein Maß für die Energie/Leistung ist. Vorteilhaft für den Einsatz bei IPL's mit ihrem charakteristischen Breitbandspektrum ist hierbei, dass die Wellenlängenabhängigkeit im Gegensatz zu o.g. Halbleiter-Detektoren deutlich (!) schwächer ausgeprägt ist. Für den typ. Wellenlängenbereich (400 nm – 1.100 nm) von IPL-Lampen kann sogar von einer nahezu konstanten Wellenlängenkalibrierung ausgegangen werden (**Bild 5** „orange“).

IPL-Strahlungsmessung in der Praxis

Mit zunehmender Betriebszeit von Xenonlampen im Handstück von IPL-Geräten nimmt die Energie der emittierten Strahlung kontinuierlich

ab. In Fehlerfällen (bspw. Risse oder Einbrände im Austrittsfenster des Handstücks, Fehler in der Optik, unzureichender Wasserkühlkreislauf, defekte Cut-off-Filter etc.) kann es sogar dazu kommen, dass die emittierte Strahlung den vorgegebenen Strahlungswert überschreitet. Daher ist eine regelmäßige Überprüfung der IPL-Einrichtung erforderlich.

Zur Messung der Pulsenergie bietet sich in der Praxis der Einsatz von o. g. thermischen Detektoren an, die aus der Lasertechnik als „Thermopile“ bekannt sind und grundsätzlich auch für IPL's geeignet sind. Die inhärente thermische Trägheit kann bei speziellen Detektoren durch einen Absorber in Form eines dünnen Plättchens in Kombination mit einem speziellen Auswertalgorithmus deutlich reduziert werden, sodass Pulsenergien mit Pulsdauern im Bereich 1 ms bis 10 s gemessen werden können. Je nach handelsüblicher Sensorausführung können Pulsenergien bis zu 100 J gemessen werden. Typische kreissymmetrische Detektorflächen weisen Durchmesser bis zu 50 mm auf, und sind somit für die Mehrzahl von IPL-Handstü-

Anzeige

IQM TOOLS GMBH www.iqmttools.de

Wartung
Kalibrierung
Ihr Wunschtext

Datum: _____
Name: _____

Nächster Termin: _____

Fon: 07720 / 810622 Mail: vertrieb@iqmttools.de



Bild 6: Untersuchung (qualitativ) der Energiedichteverteilung über den Strahlquerschnitt durch Einbrände auf photoempfindlichem Papier. Unterschiedliche Energiedichten im Bereich 10–30 J/cm²; je 1 Puls 14ms

cken geeignet. Je nach Dauer der Messung ist evtl. eine Kühlung des Detektors notwendig. Spezielle Breitbandbeschichtung trägt dazu bei, dass der Kalibrierungsfaktor im Bereich 400 nm bis 1.100 nm typisch nur um ca. $\pm 2\%$ variiert. Es bietet sich daher bei IPL-Messungen an, den Wellenlängen-Mittelnwert des IPL-Spektrums für die Messung zu verwenden. Da der Strahlungswert von IPL-Geräten üblicherweise als Energiedichte in J/cm² angezeigt wird, muss für die Überprüfung/den Vergleich der ermittelte Messwert auf die Strahlfläche ($\approx$ Fläche des Austrittsfensters) bezogen werden. Für die Messung ist es von Bedeutung, dass die Fensterfläche des Handstücks möglichst dicht vor dem Absorberplättchen des Detektors platziert wird, diesen jedoch nicht berührt. Die gemessene Energiedichte stellt in dieser Form streng genommen einen gemittelten Wert

dar, der sich auf die gesamte Strahlfläche bezieht. Strahlhomogenitäten, bspw. durch nicht optimierten optischen Homogenisierer oder lokale Defekte in der Optik (bspw. „hot-spots“) etc., können daher nicht detektiert werden. Aus der Lasertechnik bekannte rechnergestützte Strahlendiagnosesysteme sind für IPL's nicht unmittelbar geeignet. In [3] wird ein Verfahren zur Messung der räumlichen Energieverteilung über den gesamten IPL-Strahlquerschnitt vorgestellt, das sich jedoch im Forschungsstadium befindet. Ein einfaches qualitatives Verfahren zur groben Beurteilung der Energieverteilung besteht darin, photoempfindliches Papier mit IPL-Pulsen zu bestrahlen (Bild 6).

Ausblick

Die Bestrahlungsstärke [J/cm²] ist eine bedeutende Größe für den Einsatz von IPL-Behandlungsgeräten in der Dermatologie sowie Kosmetik. Eine regelmäßige Überprüfung dieser Größe ist daher in der Praxis von großer Bedeutung. In der Lasertechnik verwendete thermisch basierte Messverfahren sind auch geeignet, um die Pulsenergie von IPL-Strahlung trotz ihres charakteristischen Breitbandspektrums zu messen. Bei der Auswahl von thermopilen Sensoren und Durchführung der Messung müssen jedoch einige Besonderheiten berücksichtigt werden, die in diesem Beitrag erläutert wurden.

Der Autor ist neben seiner Professur „Lasertechnik“ an der FH Münster sowie Leitung des Laserzentrums LFM auch als öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für „Lasertechnik und Lasersicherheit“ der IHK Münster tätig; www.gutachten-laser.de

Literatur

- [1] ICADA Branchenstandard für kosmetische Geräte mit intensiv gepulstem Licht (IPL) ICADA e.V. Düsseldorf, <http://www.apparative-kosmetik.info/branchenstandards/ipl> (zuletzt aufgerufen am 05.01.2016)
- [2] Gepulste intensive Lichtquellen (nicht Laserquellen) für medizinische und kosmetische Anwendungen, Fachausschuss-Informationsblatt FA ET 3, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), November 2009
- [3] Thomas, G. et. al.: Investigation and development of a measurement technique for the spatial energy distribution of home-use intense pulsed light (IPL) systems, Journal of Medical Engineering & Technology, März 2011 (DOI: 10.3109/03091902.2011.564343, Source: PubMed)

Dokumentation: Dickmann, K.: Messung der Strahlungsenergie an IPL-Handstücken, *mt|medizintechnik* 136 (2016), Nr. 3, S. 21, 6 Bilder, 3 Lit.-Ang.

Schlagwörter: Dermatologie/Strahlenschutz/Strahlungsenergie/Messtechnik

Anzeige

Management-Kompetenz
per Fernlehre: www.cqa.de
Lesen, lernen → PM + QM
Tools anwenden lernen
Führungskompetenz ausbauen

CQA
Corporate Quality Akademie
info@cqa.de
www.cqa.de
0291 61 908951

ISO 9001 ZERTIFIZIERT
Z.F.U.
QUACERT
ISO 14001 ZERTIFIZIERT

Autor

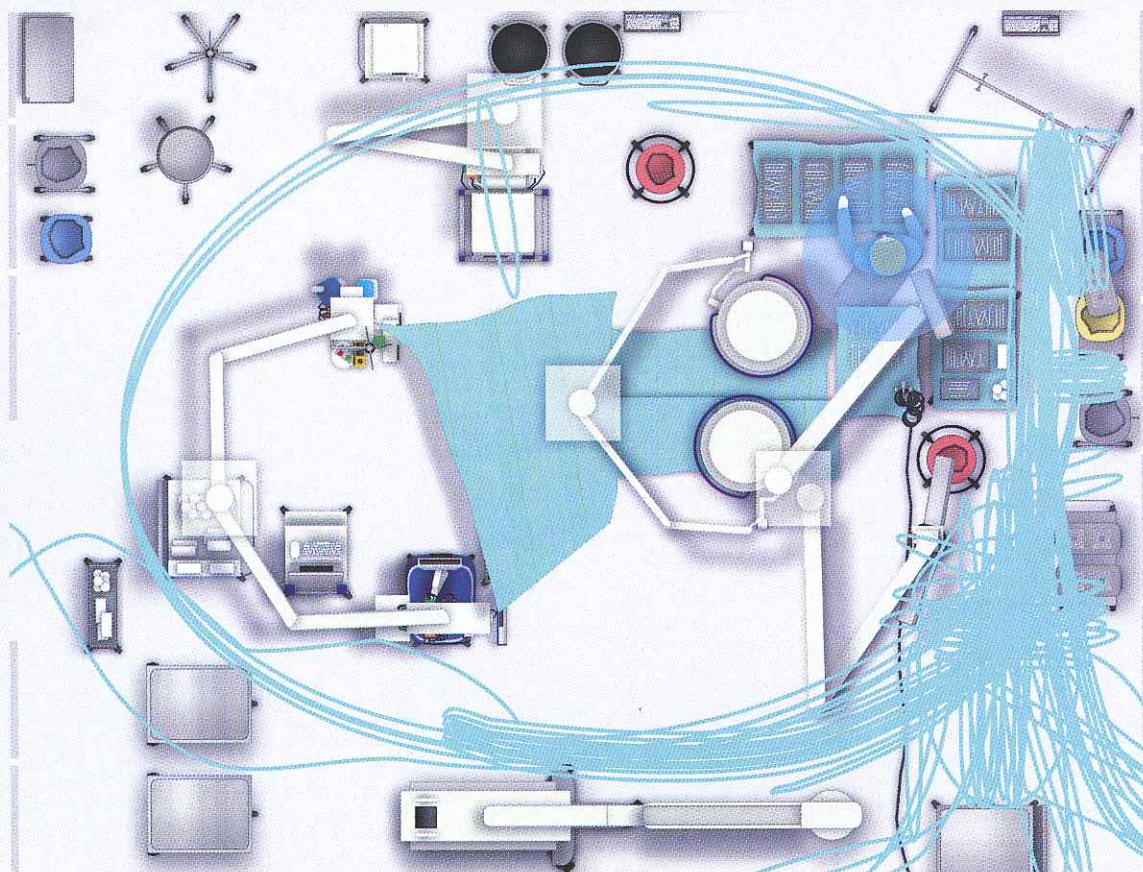


Prof. Dr.-Ing. Klaus Dickmann

Prof. Dr.-Ing. Klaus Dickmann
Laserzentrum FH Münster (LMF)
48565 Steinfurt
E-Mail: dickmann@fh-muenster.de

Schwerpunktthema:

Usability, Ergonomie von Apps



**Nutzerspezifische Usability-
und Gestaltungsaspekte bei
Insulinpumpen**

**Gebrauchstauglichkeit von
Medizinprodukten**

**Messung der Strahlungs-
energie an IPL-Handstücken**