



## Schützt eure Augen!

Das war der Warnruf, der Anfang 2005 im deutschen Mikroskopieforum <http://www.mikroskopie.de> erschien. Und wer wollte da weghören und leichtfertig zur Tagesordnung übergehen, ging es doch um das Organ, welches zu aller Erst wichtig für die Praktizierung unseres Hobbys ist.

Der da in dieser Form warnte, war ein geachtetes Mitglied der Forumsgemeinde. Konkret wurde die Frage gestellt, in wie weit Leuchtmittel wie NV-, NV-Halogen-Lampen oder LEDs dem Mikroskopiker Schäden im Sehapparat durch übermäßige Exposition mit Strahlung aus UV- und IR-Bändern zuführen könnten.

### Zu den Begriffen

#### **UV**

Bei UV unterscheidet man grob die Bänder UV-A (315-400nm), UV-B (280-315nm) und UV-C (100-280nm).

Während UV-C von der Ozonschicht abgefangen wird, unser Körper also nicht gewohnt ist, sich mit dieser lebensfeindliche Strahlung auseinanderzusetzen, sind UV-A und besonders UV-B bei den Sonnenanbetern beliebt. Die Ozonschicht schwächt die UV-B-Strahlung entscheidend, allerdings nimmt gerade diese Filterwirkung durch die FCKW-Belastung seit Jahrzehnten ab.

Die Bindehaut der Augen reagiert sehr empfindlich auf UV-C. Allgemein kann es bei Überexposition mit UV-Strahlung zu akuter Bindehaut- und Hornhautentzündung kommen. Linsentrübungen (Katarakt) und degenerative Veränderungen der Bindehaut sowie Netzhautschädigungen können die Spätfolgen jahrelanger intensiver Einwirkung von UV-Strahlen sein.



## **IR**

Infrarot umfasst den Bereich der für den Menschen ebenfalls nicht sichtbare elektromagnetische Strahlung zwischen 780 nm und 1 000 000 nm Wellenlänge. Sie ist als Wärmestrahlung fühlbar.

Allerdings gibt es große Unterschiede zwischen den verschiedenen Infrarotbereichen, z. B. in der Wirkungsweise auf den menschlichen Körper. Infrarotstrahlen werden daher in 3 verschiedene Bereiche von Wellenlängen eingeteilt:

Kurzwelliges Infrarot (IR-A)	780 nm - 1400 nm
Mittelwelliges Infrarot (IR-B)	1400 nm - 3000 nm
Langwelliges Infrarot (IR-C)	3000 nm - 1 mm

IR-A und IR-B können bei pathogenen Dosen thermische Schädigungen der Retina und der Augenlinse hervorrufen. IR-C hat eine zu niedrige Eindringtiefe und kann „lediglich“ oberflächliche Verbrennungen auslösen.

Grundsätzlich gilt:

Kurzwelliges Infrarot wird von der Luft, durch welche sich die Strahlung bewegt, wenig absorbiert. Dagegen absorbiert eine Wassersäule IR sehr gut und erwärmt sich dabei. Feststoffe werden durch die absorbierte, nichtreflektierte Menge der IR-Strahlung erwärmt.

Man kennt den Effekt, der sich einstellt, wenn man aus dem Schatten ins Sonnenlicht tritt: Obwohl die Umgebungstemperatur genau gleich geblieben ist, empfindet man die Temperatur bei direkter Sonneneinstrahlung als deutlich wärmer, da der Körper aufgeheizt wird. Dieses Phänomen unterstützt z.B. auch das Sonnenbaden im Skiurlaub bei sehr niedrigen Umgebungstemperaturen.

Langwelliges IR erzeugt diese Wirkung nicht, sie wird hauptsächlich durch die Luftschicht zwischen der Wärmequelle und dem Körper absorbiert und erwärmt diese.



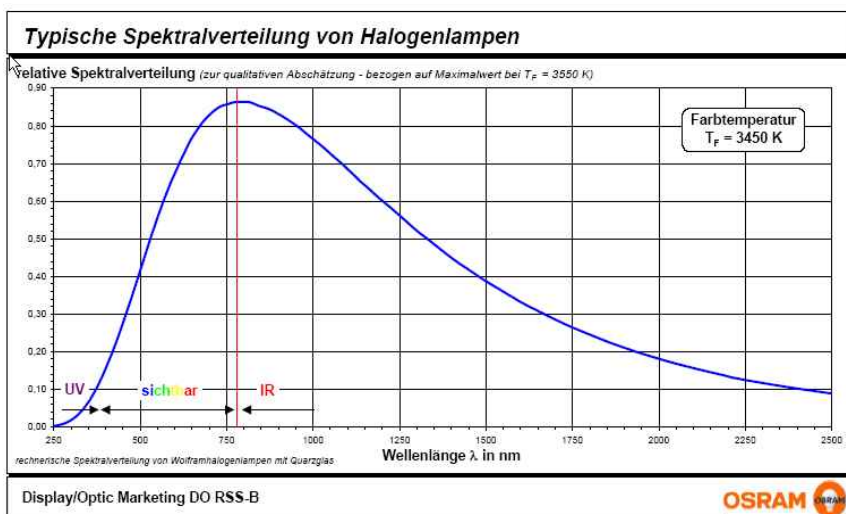
## Die untersuchten Leuchtmittel

In der Messreihe wurden verschiedene Typen von NV- und NV-Halogen-Lampen sowie eine LED vom Typ Luxeon Star 3W weiß verwendet.

### Energieumsetzung bei Glühlampen

Glühlampen wie NV- und NV-Halogenlampen setzen ca. 93% der elektrischen Energie in IR-Strahlung um. Wenn man sich aus dieser Werte die Bilanz der Energieumsetzung ansieht, wird der Löwenanteil der zugeführten elektrischen Energie in IR-Strahlung umgesetzt, dann kommt der Anteil, an dem wir interessiert sind, nämlich Strahlung aus dem sichtbaren Spektrum, und nur ein kleiner Rest wird in UV umgesetzt.

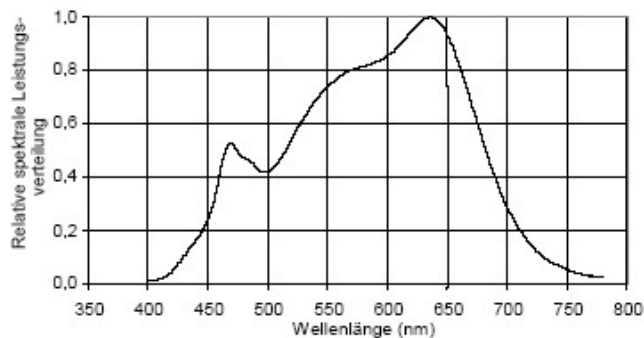
UV-A und UV-B wird in geringem Maße von Niedervolt-Halogenlampen abgestrahlt. So ist es in der Grafik „Typische Spektralverteilung von Halogenlampen“ zu sehen, die Osram im Zuge einer Anfrage über das Emissions-Spektrum der Xenophot-Lampen (aktuelle NV-Halogenlampen als Ersatz für die Bellaphot-Produktlinie, welche z. B. im 100W-Lampenhaus für Zeiss-Universal-Stativ Verwendung findet) zur Verfügung gestellt hat.





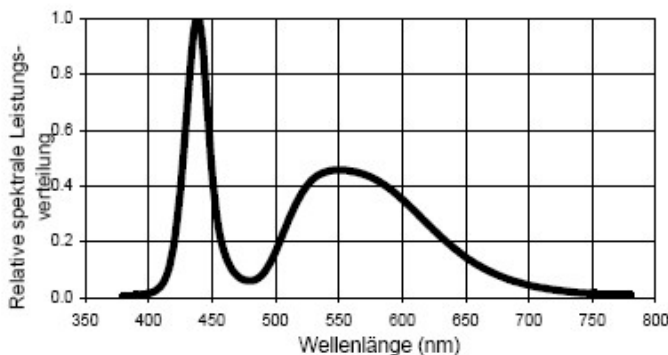
Eine ähnliche Grafik zur Abstrahlcharakteristik der alten NV-Lichtwurflampen mit den großen Glaskörpern und ohne Halogenide stand uns leider nicht zur Verfügung. Versuche mit der UV-Messkarte (siehe unten) zeigen jedoch, dass auch die alten NV-Lichtwurflampen Strahlung abgeben, welche den Messpunkt auf der Karte zum Verfärben anregt. Es handelt sich dabei höchstwahrscheinlich um UV.

Wie man der Grafik eines „typischen Produkts“ der LED-Baureihe „Luxeon warmweiß“ erkennen kann, wird im UV-A und IR-A-Bereich sehr geringen Energie abgestrahlt (aus Luxeon-Datenblatt, Link am Ende des Textes).



**Abbildung 1a.**  
Weißspektrum eines typischen Produktes der Farbe Warmweiß, integrierte Messung. Gültig für LXHL-MWGC und LXHL-NWG8.

Ähnliches gilt auch für die „Luxeon weiß“-Typen, nur dass bei jenen eine andere Farbbalance herrscht und der Peak im Violett-Band dem Auge bei Verwendung als Duchtlichtquelle eventuell Langzeitgefahren drohen könnten (siehe unten).



**Abbildung 1b.**  
Weißspektrum eines typischen Produktes mit 5500 K, integrierte Messung.



## **Ein Problem: Nicht-sichtbare Strahlungsquellen**

UV und IR werden in unterschiedlichen Mengen von den angesprochenen Leuchtmitteln ausgestrahlt. Während der Körper eine Möglichkeit, einem Zuviel an Strahlung im sichtbaren Bereich (Blendung) mit Reflexen wie dem unwillkürlichen Abwenden oder Schließen der Augen zu begegnen sowie den Menschen auch über eine Großhirn-„Reflexion“ dazu zu bewegen, den Blick von der überhellen Lichtquelle zu wenden bzw. Sichtschutz zu tragen, versagen diese Korrektive bei unsichtbarer bzw. unfühlbare Strahlung.

Die sensorischen Reize des kurzwelligsten IR sind gering und werden deshalb falsch eingeschätzt. Längerwelliges IR wird von der Haut als Wärmestrom gefühlt, so dass eine unbemerkte Exposition unwahrscheinlich erscheint.

## **Die Messwerkzeuge**

### **UV**

Zur UV-Messung stand lediglich eine UV-Messkarte zur Verfügung, deren Zweck es ist, den Sonnenbadenden vor einer zu hohen Strahlungsintensität zu warnen. Die Messkarte hat ein Feld, welches sich in ca. 15 Minuten auf eine Strahlungsintensität einstellt und die UV-Quelle charakterisiert durch die drei Kategorien

- „normal“ „kein Grund zur Sorge, es reicht ein mittlerer Lichtschutzfaktor“
- „Achtung“ „Jetzt wird's langsam Zeit! Hoher Lichtschutzfaktor, T-Shirt und Sonnenkappe sind angesagt“
- „Gefahr“ „Da hilft auch kein Sonnenschutzfaktor! Der einzige Schutz für Sie heißt: Ab in den Schatten, raus aus der Sonne!“

Wegen des groben Messinstruments sind zum Thema UV-Emission lediglich qualitative Aussagen möglich. Der Pigmentfleck der Karte reagiert stärker auf UV-A als auf







UV-B. Da die typische Emissionskurve einer NV-Halogenglühlampe für Mikroskopbeleuchtungen wie die Osram Xenophot zeigt, dass im UV-Bereich vornehmlich UV-A abgestrahlt wird, halten wir die Karte in diesem Zusammenhang für nutzbar.

### **IR**

Es wurde ein Wärmestrahlungsmessgerät (Pyrometer) vom Typ IN 300 verwendet. Es misst im IR-Bereich von 8000 bis 14000 nm. Als Emissionsfaktor wurde 0,94 verwendet. Der kleinster möglicher Messfleckdurchmesser beträgt 8 mm. Als Messfläche (die zur Messung bestrahlte Fläche) dient eine mit schwarzen Grafit-Ofenlack bestrichene 5x7cm kleine Styroporplatte. Eine solche Platte nimmt Wärmestrahlung auf und erhitzt sich, bis Aufnahme und Abstrahlung im gleichen Verhältnis stehen. Diese Abstrahlung wird (korrigiert durch den Emissionsfaktor) gemessen. Da Styropor sehr gut isoliert, die Wärmeableitung also gering ist, ist es Als Träger für einen mattschwarzen Ofenlack optimal.



Warum wird so gemessen?

Die Infrarotstrahlung trifft ausgehend von der Wärmequelle auf einen Körper. Diese Wärme wird entweder reflektiert, absorbiert oder durch Transmission abgeleitet. Für das Auge als Messwertempfänger würde es bedeuten:

- Die Reflexion ist äußerst gering.
- Eine Transmission, Ableitung, erfolgt nach einer Absorption (Wärmeaufnahme), über die Blutgefäße.



Und fast nur über diesen Weg kann praktisch das Auge die eingestrahlte Wärme wieder los werden, von der eher geringen Abstrahlung abgesehen.

Wie hoch, so stellt sich die Frage, kann sich ein Körper durch die Strahlung nach Okularaustritt erhitzen, oder wie heiß ist es unter dem Kondensator des biologischen Mikroskops?

Oder wie heiß wird es unter der Beleuchtung eines Stereomikroskops/einer Stereolupe?

Liegt diese Strahlung über der Menge, die aus der Umgebung in unser Auge einstrahlt?



## Die Messergebnisse

### UV-Messungen

Messzeit jeweils  $\geq 30$  Minuten

### Referenzmessungen

#### Tageslicht

Fensterbank am 31.1.2005 gegen 14.00 Uhr in Kiel, Himmel durch Regenwolken verhangen.

- a) Messung hinter 3-schichtiger Thermopensescheibe, Karte 15-20° gegenüber der Vertikalen nach oben geneigt: Verfärbung zeigt fast „normal“
- b) Messung hinter 3-schichtiger Thermopensescheibe, Karte 15-20° gegenüber der Vertikalen nach unten geneigt: Farbintensität etwa in der Mitte zwischen „Keine Belichtung“ und „normal“
- c) Stellung wie bei (a), Messfeld jedoch mit UV-Filter Linos 38 0262 abgedeckt: Keine Verfärbung

**NV Lichtwurf Lampe 60W** Wotan Germany 380216 in 60W-Lampenhaus für Zeiss-Universal-Stativ

Karte 10 cm vom Kollektor entfernt: Farbintensität etwa in der Mitte zwischen „Keine Belichtung“ und „normal“

**NV-Halogenlampe 20W** ohne UV-Schutzglas (Osram 41890 FL)

- a) Karte 10 cm von Birne entfernt: Farbintensität etwa in der Mitte zwischen „normal“ und „Achtung“
- b) Karte 100 cm von Birne entfernt: Farbintensität etwa in der Mitte zwischen „Keine Belichtung“ und „normal“

**NV-Halogenlampe 100W** (Osram Bellaphot) in 100W-Lampenhaus für Zeiss-Universal-Stativ

Karte 20 cm vom Kollektor entfernt: Farbintensität etwa „normal“





**Volpi Kaltlichtquelle** mit NV-Halogenlampe 150W und Schwanenhals-Lichtleitern  
Karte 1 cm vom Kollektor eines Schwanenhals-Lichtleiters entfernt: Farbintensität etwa „normal“

### **LED Luxeon LXHL-LW3C**

Karte 9 cm von der Lichtaustrittsstelle des selbstgebauten LED-Lampenhauses entfernt:  
Farbintensität zeigt „Keine Belichtung“

Messungen am Mikroskop

NV-Halogen Osram Bellaphot 64625 12V 100W im Lampenhaus für 100W-Lampe  
am Zeiss Universal

a) ohne Filter

- nach Umlenkprisma im Stativfuß bei geöffneter Leuchtfeldblende:  
Farbintensität etwa in der Mitte zwischen „Keine Belichtung“ und „normal“
- nach Kondensator (n. A. 0,9) bei geöffneter Apertur- und Leuchtfeldblende:  
Lediglich sehr schwache Verfärbung sichtbar, weit weg von der Farbintensität für „normal“
- am Okular KPL 10 W Brille mit Objektiv Plan 2,5:  
keine sichtbare Farbveränderung an der Karte sichtbar

b) Mit Filter Linos Calflex3000

- nach Umlenkprisma im Stativfuß bei geöffneter Leuchtfeldblende:  
keine sichtbare Farbveränderung an der Karte sichtbar



## **IR-Messungen**

Messwertablesung nach 10 Minuten Betriebszeit

Temperaturmessung am MBS-10

a) Messung in der Objektebene, beleuchtet mit einer 20W Halogen – Reflektorlampe (Auflicht), Abstand 90mm Lampe zu Objektebene.

– Umgebungstemperatur: 23°C

– Lampe ein: 60°C

b) Messung am Tubus (Lichtaustritt) mit und ohne Okular 8x bei einer Stellung 2x des Vergrößerungswechslers.

– Lampe ein: 23°C

Temperaturmessung am Lomo Biolam

a) Messung ohne Filter am Umlenkspiegel, beleuchtet mit einer 20W Halogen – Reflektorlampe über blaues Mattglas + Kollektorlinse.

– Umgebungstemperatur: 23°C

– Lampe ein: 46°C

b) Dgl mit IR-Sperrfilter aus Diaprojektor

– Lampe ein: 25°C

c) Dgl mit Calflex IR-Sperrfilte

Messung ohne Filter am Tubus (Lichtaustritt) mit und ohne Okular.

– Lampe ein: 24°C

Temperaturmessung bei Luxeon LXHL-LW3C

Messung ohne Filter, Messfläche 9cm 9 cm von der Lichtaustrittsstelle des selbstgebauten LED-Lampenhaus entfernt:

– Umgebungstemperatur: 23°C

– Lampe ein: 23°C



## Diskussion

### **Messübersicht (die genauen Bedingungen siehe oben)**

Art	Messgerät	Messung
Tageslicht, Karte 15-20° gegenüber der Vertikalen nach oben geneigt.	Karte	„normal“
Tageslicht, Karte 15-20° gegenüber der Vertikalen nach unten geneigt.	Karte	½ „normal“
Tageslicht, Karte 15-20° gegenüber der Vertikalen nach oben geneigt, Messfeld mit UV-Filter bedeckt.	Karte	Keine Verfärbung
Volpi-Kaltlichtquelle, 2cm Abstand	Karte	„normal“
NV-Lampe 60W, 10 cm Abstand	Karte	½ „normal“
Halogenlampe 20W, 10 cm Abstand	Karte	½ „Achtung“
Halogenlampe 20W, 100 cm Abstand	Karte	½ „normal“
Bellaphot 100W, 20 cm Abstand	Karte	„normal“
Bellaphot 100W, nach Umlenkprisma und UV-Filter	Karte	Keine Verfärbung
Weißer LED 3W, 10cm Abstand	Karte	Keine Verfärbung
Halogenlampe 20W, 9 cm Abstand Abstand zur Messfläche am MBS10	Pyrometer	60°C gegenüber 23°C Raumtemperatur
Halogenlampe 20W, am Okular vom MBS10	Pyrometer	23°C gegenüber 23°C Raumtemperatur
Halogenlampe 20W am Umlenkspiegel vom Biolam	Pyrometer	46°C gegenüber 23°C Raumtemperatur
Halogenlampe 20W am Umlenkspiegel vom Biolam nach IR-Filter	Pyrometer	25°C gegenüber 23°C Raumtemperatur
Halogenlampe 20W, am Okular vom Biolam	Pyrometer	24°C gegenüber 23°C Raumtemperatur
Weißer LED 3W, 9 cm Abstand zur Messfläche	Pyrometer	23°C gegenüber 23°C Raumtemperatur

### **Bemerkungen zur Interpretation der IR-Messergebnisse**

Bei einer Beleuchtung 20 W Halogen tritt durch die Beleuchtung lediglich am Biolam eine Erhöhung von 1° C im Tubus nach 10 min Betriebszeit auf. Dies stellt nach unserer Auffassung keine Gefahr dar.



### **Beleuchtung am biologischen Mikroskop mit Kondensator**

- LED:

Bezüglich der Vermeidung von UV/IR-Schäden ist die LED als optimales Leuchtmittel anzusprechen unter der Voraussetzung, dass sie ein Spektralverhalten wie die hier diskutierte Type „warmweiß“ hat. LEDs wie die vom Typ „5500K“ haben einen deutlichen Emissionspeak im Blaubereich. Dies könnte für das Auge gefährlich werden

(siehe [http://www.dguv.de/bgia/de/fac/strahl/pdf/augen\\_a.pdf](http://www.dguv.de/bgia/de/fac/strahl/pdf/augen_a.pdf), Kapitel 4.4 Blaulichtgefährdung (Photoretinitis)).

- NV- und NV-Halogen-Glühlampen:

Die beiden Lampentypen strahlen wenig UV ab. Die UV-Intensität, welche das beobachtende Auge trifft, erscheint uns gegenüber der Standardexposition im Freien bei Tageslicht als gering.

Bei der IR-Emission sieht es anders aus. Zwar kommt am Auge nicht mehr so viel an, als dass dies als gefährlich erscheint, das Objekt kann jedoch gerade bei stärkeren Lampen (> 20W) und lichtschluckenden Kontrastverfahren wie Phako schon mit größeren IR-Strahlungsmengen belastet werden. Frischpräparate trocknen schnell aus, Plankter sterben den Hitzetod. Durch ein Filter wie z..B. das im Test benutzte Linos Calflex3000 können solche Probleme beseitigt werden. Da dieses Filter auch im UV-Bereich stark dämpft, würde dessen Einsatz alle eventuellen Probleme für die Augen beseitigen. Voraussetzung dafür ist, dass die eingesetzten Lampen ein ähnliches Spektralverhalten wie die hier zitierte Osram Xenophot hat.

### **Beleuchtung am der Präparier-Lupe bzw. dem Stereomikroskop**

An den Stereomikroskopen, die mit Vergrößerungen zwischen 2 und 50 fach arbeiten, sind Auflichtbeleuchtungen oder Dunkelfeldbeleuchtungen mit Lichtleitern üblich. Klassisches Hellfeld erscheint nicht sinnvoll, es fehlen jedenfalls die passenden Kondensoren. Auch hier ist die LED-Beleuchtung, was UV/IR-Strahlung angeht optimal. Käufliche Halogen-Kaltlichtquellen haben IR-Schutzfilter eingebaut. Bei Nutzung für Auflichtbeleuchtung sowie Streiflicht mit den besprochenen Lampentype gelangt durch Streuung/Reflexion nur eine unwesentliche UV-Menge ins Augen.



**Insgesamt ist es bei allen Lampentypen und Beleuchtungsarten unverzichtbar, die Beleuchtungsstärke adäquat regeln zu können.**

Unsere Interpretation der Messergebnisse und Firmeninformationen sowie der gesundheitlichen Relevanz ist rein subjektiv und mit keinem Mediziner abgestimmt. Wir haben uns bemüht, alle Beobachtungen und Messungen sauber zu dokumentieren, um es jedem zu ermöglichen, sich ein eigenes Puzzle-Bild zusammenzusetzen.

### **Literatur:**

Silbernagl, S., Despopoulos, A.: Taschenatlas der Physiologie. Thieme Verlag Stuttgart, 1979

Göke, G.: Das Auge als Glied der mikroskopischen Abbildungskette. Mikrokosmos 91, 269 - 279 (2002)

Osram (Persönliche Information)

Sernetz, M., Giese, C., Hauptmann, U., Hild, D., Müller, M.: Spezielle Methoden der Lichtmikroskopie. Gießen, 2. Auflage 2000

Henkel, K.: Mikrofibel. Dachau, 2003

Impac Elektronik (Firmenschrift): Pyrometer-Handbuch

Impac Elektronik (Firmenschrift): Infratherm IN 300 Technische Daten

Krug, W; Rienitz, J., Schulz, G. : Beiträge zur Interferenzmikroskopie. Akademie Verlag Berlin 1961

Linos Photonics: Datenblätter Planoptik, persönliche Informationen

(<http://www.linos.de>)

Lumileds Lighting: Datenblätter DS23, DS40, DS46 (<http://www.luxeon.com>)

Heinz, P.: Laser-Strahlenschutz (<http://www.uni-bayreuth.de/ZT4/strahlenschutz/laser/Unterweisung/Lasersicherheit-UNI-PH%202002.pdf>)





Veterinärmedizinische Universität Wien: Spektrum der elektromagnetischen Wellen und biologische Wirkungen ([http://www.auva.at/mediaDB/MMDB133500\\_M013.pdf](http://www.auva.at/mediaDB/MMDB133500_M013.pdf))

Siekmann, H.: Gefährdung der Augen durch optische Strahlung ([http://www.dguv.de/bgia/de/fac/strahl/pdf/augen\\_a.pdf](http://www.dguv.de/bgia/de/fac/strahl/pdf/augen_a.pdf))

## **Autoren:**

Peter Bergmann und Wolfgang Bettighofer, 2005

email:

wolfgang.bettighofer@gmx.de