

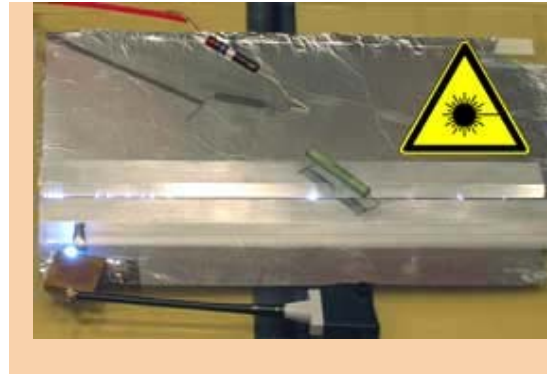
## Stickstoff-Laser im Eigenbau

### Versuch Nr.047

Bewertung / Schwierigkeitsgrad: ●●●●●

Zeitaufwand: Vorführung incl. Versuchsaufbau 15 min

*Versuch d. Monats 05/2003*



### Ziel:

Laser kennt man nur als technisch aufwendige und komplizierte Apparaturen. Dass dies auch anders geht, zeigt der Stickstoff-Laser. Er ist übersichtlich aufgebaut und benutzt den Stickstoff der Umgebungsluft. Der simple Aufbau ohne Spiegel, Gasröhren und stehende Wellen lässt sich mit relativ einfachen Mitteln bewerkstelligen. Zudem besitzt der Versuch einen hohen didaktischen Wert da die Funktionsweise auch ohne Vorwissen in Atom- und Quantenchemie erklärt werden kann. Besonders faszinierend ist jedoch die Einfachheit der verwendeten Bauteile wie Alufolie, Metallschienen, Widerstände und Glasplatte sowie der minutenschnelle Aufbau.

### Geräte:

Glasplatte, 25kV Netzgerät, 2 Metallschneiden, Messingblock mit Spitze, Alufolie, Plastikfolie (Kopierfolie), 5kOhm-Widerstand

### Chemikalien:

nur "Luft"

### Sicherheitshinweise:

**Achtung:** Beim Experimentieren mit dem Stickstofflaser ist dieselbe Vorsicht geboten wie bei anderen Lasern. Messungen an der Uni Bochum haben ergeben, dass derartige Stickstofflaser Laser eine maximale Impulsenergie von nur ca. 30µJ besitzt. Dennoch sollte man gerade beim Experimentieren mit ultraviolettem Licht besonders vorsichtig sein.

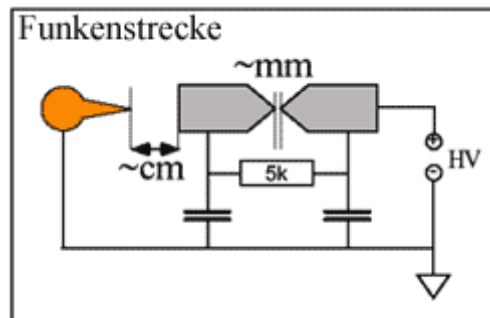
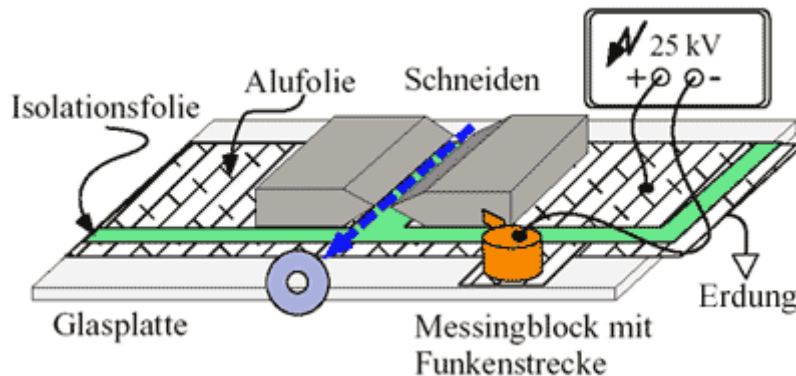


**Vorsicht Hochspannung!** An einigen Bauteilen liegt eine Spannung von ca. 20 kV an! Da bei solchen Spannungen gefährliche Überschläge von einigen Zentimetern Länge zu erwarten sind, ist während der Vorführung ein Mindestabstand von 1-2 Metern einzuhalten!

## Versuchsanleitung:

### Vorbereitung:

Auf eine Glasplatte wird eine ca. DIN A4 große Alufolie als Erdplatte des Kondensators gelegt. Die Dicke sollte dabei stärker als herkömmliche Haushaltsfolie sein. Als Dielektrikum nimmt man eine Kopierfolie die eine genügend hohe Spannungsfestigkeit aufweist (bei normalen Klarsichtfolien kann es zu Durchschlägen kommen). Auf die Folie wiederum legt man zwei Aluminiumfolienstücke zwischen denen eine 1 - 2 cm breite Lücke freigelassen wird. Dies stellt die zweigeteilte Hochspannungsplatte des Kondensators dar. Nun sollte das große Stück Alufolie an einer Stelle, auf der der Messingblock stehen soll, unter den anderen Folien hervorragen. Dadurch ist der Messingblock nur mit dem großem Stück Alufolie elektrisch leitend verbunden (siehe Skizze)



Die Kondensatorplatten des Lasers (je ca. 20 cm) müssen auf einer Seite an den Ecken geschliffene Schneiden aufweisen, die eine V-Form besitzen. Die Platten sollten einen Abstand von wenigen Millimetern haben. Dabei müssen sie eine für das Auge unsichtbare Divergenz aufweisen. Die beiden Platten werden über einen 5kOhm-Widerstand elektrisch leitend verbunden.

### Vorführung:

Wird nun Hochspannung zwischen die Aluminiumfolien gelegt, so liegen die beiden Platten aufgrund des verwendeten Widerstandes auf demselben Potential. Ist eine hinreichend hohe Spannung erreicht, so wird eine Plattenhälfte über die Funkenstrecke zum Messingblock entladen, was aufgrund des nun sehr großen Potenzialunterschiedes eine sekundäre Entladung zwischen den Schneiden auslöst. Durch diese Entladungen werden die Elektronen der Stickstoffatome der Luft angeregt. Beim Zurückfallen in den Grundzustand entsteht dann der Laserpuls, den man dann mit einem Blatt Papier oder einer UV-Indikatorkarte nachweisen kann. Da beide Platten nach dem Laserpuls wieder auf gleichem Potential liegen und der Widerstand zwischen den Platten wieder höher als der 5kOhm-Widerstand ist,

werden beide Platten wieder aufgeladen und der Ablauf wiederholt sich.

### Nachweis des Laserstrahles:

Das ultraviolette Laserlicht kann anschaulich z.B. einem weißen Blatt Papier (beinhaltet fluoreszierende Bleichmittel) oder mit einem weißen Oberhemd, welches frisch gewaschen ist und dadurch noch fluoreszierende Waschmittelrückstände enthält, nachgewiesen werden. Statt auf gebleichtes Papier kann man den Laserimpuls auch auf fluoreszierende Plastikteile fallen lassen, die z.B. bei einigen LEGO-Bausätzen verwendet werden. Der ultraviolette Impuls erzeugt dort orange oder grüne Fluoreszenzstrahlung. Anstatt durch Fluoreszenz kann der Laserimpuls auch durch Phosphoreszenz nachgewiesen werden. Jede mit Leuchtfarbe bestrichene Schicht kann so als Schirm verwendet werden.

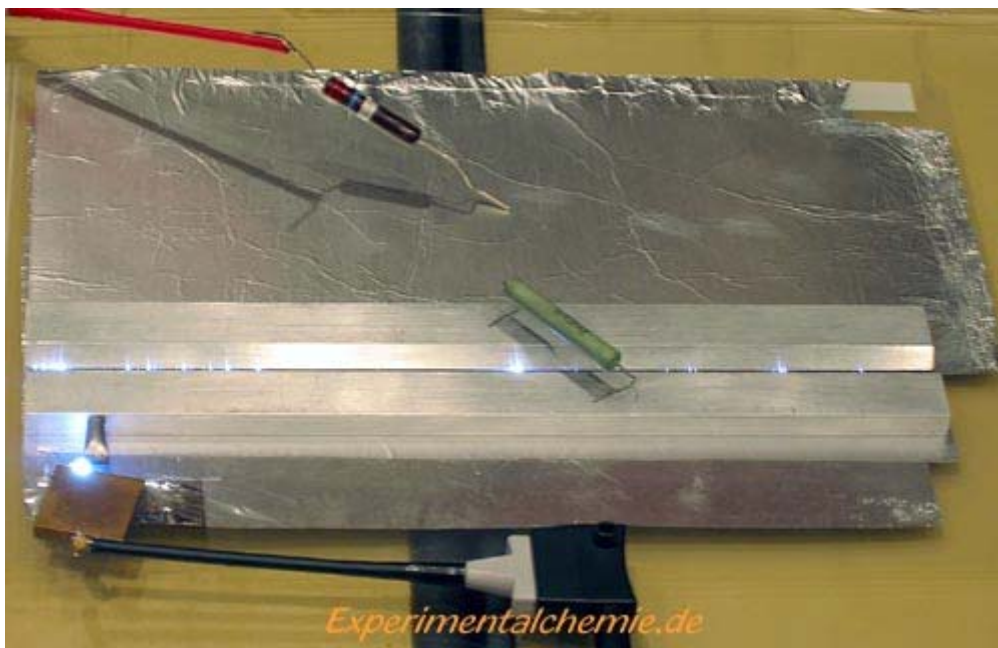
**Hinweis:** Das beschriebene Experiment stützt sich im vorwiegend auf folgende Bauanleitungen

<http://users.aol.com/gykophys/nlaser/nlaser.htm>

<http://pl.physik.tu-berlin.de/groups/pg235/Winter95-96/Experiment07/superstr.html>

Wenn Interesse besteht das Experiment selbst durchzuführen, so wird empfohlen diese Seiten zu besuchen und deren ausführliche Versuchsanleitungen incl. Fehlerbetrachtung zu studieren.

### Versuchsverlauf in Bildern:





resultierender blauer Laserstrahl

(zur besseren Sichtbarkeit wurde das Bild am Computer nachbearbeitet)

**Entsorgung:** (siehe auch [Entsorgungsmaßnahmen](#))  
keine Entsorgung nötig

### **Erklärung / Hintergrund:**

**LASER** steht für den Begriff „**L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation“, zu Deutsch: „Lichtverstärkung durch stimulierte Strahlungsemission“. Man bezeichnet mit diesem Begriff eine monochromatische Lichtquelle, deren Licht sich stark gebündelt, nahezu parallel ausbreitet. Durch diesen Umstand ist ein Laserstrahl sehr energiereich.

Nähere Informationen über die allgemeine Funktionsweise mit Theoretischem Hintergrund findet man unter:

<http://theory.gsi.de/~vanhees/faq/laser>: Theoretischer Hintergrund

<http://www.krref.krefeld.schulen.net/referate/physik/r0027t00.htm>: Einfache Einführung, Verwendung

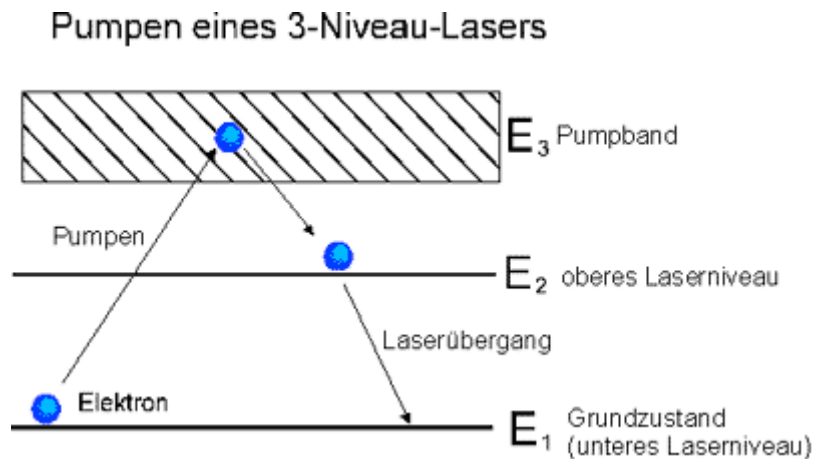
<http://science.howstuffworks.com/laser.htm>: (engl.) Funktionsweise, Klassifikation, Laser-Typen

Der **Stickstoff-Laser** ist ein Molekülgas-Laser, der im Pulsbetrieb ultraviolettes Laserlicht mit einer Wellenlänge von 337,1 nm und einer Leistung von bis zu 0.1 mW erzeugt. Kommerzielle Stickstofflaser arbeiten üblicherweise mit nachgereinigtem Stickstoff (99,995 %) bei ca. 100 Torr, während für das Demonstrationsmodell einfach der Luftstickstoff bei Normaldruck verwendet werden kann, der ja bekanntlich zu ca. 78 % in der Luft enthalten ist.

Ein Stickstofflaser arbeitet nach dem Prinzip eines **3-Niveau Lasers**. Wird ein Elektron, das sich um den Atomkern bewegt, von einem Photon (Lichtteilchen) getroffen, so kann das Photon absorbiert und das Elektron auf ein höheres Energieniveau gebracht werden. Dies geschieht jedoch nur, wenn das Photon einen Energiebetrag besitzt, der genau dem Unterschied zwischen dem Grundniveau  $E_1$ , auf dem sich das Elektron befindet, und dem höheren Energieniveau  $E_2$  entspricht. Aus diesem angeregten Zustand wird das Elektron nach einer bestimmten Zeit ohne äußere Einwirkung wieder in ein tiefer liegendes Energieniveau zurückfallen. Die Energiedifferenz wird durch die Abgabe eines Photons, dessen Energiebetrag eben dieser Energiedifferenz  $E_2 - E_1$  entspricht.

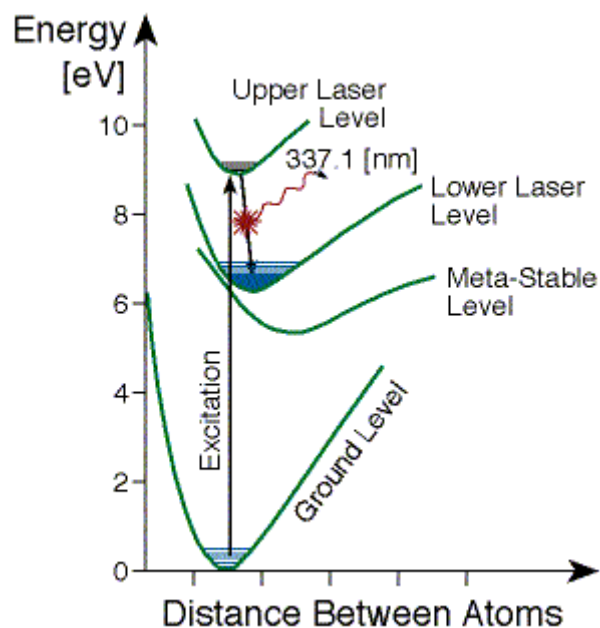
Trifft ein Photon ein bereits angeregtes Elektron, so fällt das Elektron ebenfalls auf ein niedrigeres Energieniveau zurück und sendet ein zweites Photon von genau der gleichen Wellenlänge und Phase wie das induzierende Photon aus. Die Strahlung wurde also verstärkt. Dieser Vorgang wird als **induzierte Emission** bezeichnet. Die bei der induzierten Emission freigesetzte Strahlung besitzt eine einheitliche Wellenlänge und Phase, es handelt sich also um **kohärente Strahlung**.

In einem Laser werden nun durch das so genannte "**Pumpen**" Elektronen in einem Medium auf ein höheres Energieniveau gebracht. Es müssen sich mehr Elektronen im angeregten Zustand befinden als im unangeregten. Diesen Zustand nennt man **Besetzungsinversion**.



Die bei dem oberen Übergang ( $E_3 - E_2$ ) freigesetzte Energie wird hauptsächlich in Form von Wärme, seltener auch in Form von Sekundärstrahlung, abgegeben. Erst beim Übergang vom zweiten Niveau zum Grundniveau wird dann durch induzierte Emission die erwünschte Strahlung frei.

### Energiediagramm des Stickstofflasers



Durch eine **starke elektrische Entladung** zwischen zwei als Schneiden ausgebildeten Elektroden werden die Stickstoffatome aktiviert. Diese Gasentladung wandert im Idealfall an den Schneiden entlang. Der Laserpuls breitet sich parallel zu den Schneiden aus. Das geschieht deshalb, weil auf dieser Achse für ein Photon die Wahrscheinlichkeit, auf ein angeregtes Atom zu treffen, am größten ist. Die Ausbreitungsrichtung des Strahls ist dadurch vorgegeben, dass an der Stelle der größten Divergenz auch die meisten Stickstoffatome zwischen den Schneiden vorhanden sind, und so hier wiederum die Wahrscheinlichkeit, angeregte Atome zu finden, am größten ist.

### **Links:**

#### **Deutsche Stickstofflaser-Seiten:**

<http://users.aol.com/gykophys/nlaser/nlaser.htm>: Ausführliche Bauanleitung mit wertvollen Tipps zur Fehlerbehebung

[http://home.arcor.de/peter\\_brecht/Stickstoff.html](http://home.arcor.de/peter_brecht/Stickstoff.html): Etwas theoretischer Hintergrund und schematischer Aufbau

<http://www.floriankarsten.de/laser.html>: Private Seite mit Bildern zum Versuchsaufbau und der Durchführung

<http://pl.physik.tu-berlin.de/groups/pg235/Winter95-96/Experiment07/superstr.html>  
Bau eines Superstrahlers

#### **Internationale Stickstofflaser-Seiten:**

[FAQ zum Stickstofflaserbau](#): (engl.) Informationen zum Stickstofflaserbau (aus Sam's Laser FAQ)

<http://www.edu.linkoping.se/bit2a/laser/homemade/CONSTRUC.htm>: (engl.)  
Laserbau als Schulprojekt (kurze Anleitung)

<http://www.technology.niagarac.on.ca/people/mcsele/lasers/LasersTEA.htm> (engl.) :  
Bau eines komplexeren N<sub>2</sub>-Lasers

[Linkliste](#): (engl.) große Liste von "Amateur"-Seiten zum Stickstofflaser

[Literatur](#): Sammlung von wissenschaftlichen Literaturstellen zum Thema Stickstofflaser

#### **Laserbau-Allgemeines:**

[Laserfreak.net](#): größtes deutsches Forum für Laser- und Showtechnik

[The Homebuilt Lasers Site](#): (engl.) grosse Seite mit massig Informationen über den Bau verschiedener Lasertypen