

# Der Große Fermatsche Satz oder „Die Kunst zu Denken“ Machbarkeitsstudie zu einem Kunstprojekt

**Projektleitung**  
Prof. Ovis Wende

**Zeitraum**  
2006–2008

**Kontakt**  
Prof. Ovis Wende  
Fachbereich Design  
Fachhochschule  
Dortmund  
Max-Ophüls-Platz 2  
44139 Dortmund  
Tel.: 0231 9112-432  
E-Mail: ovis.wende@fh-dortmund.de

**Vorbemerkung zu diesem Forschungsprojekt**

Auf Grundlage der von mir gehaltenen Patente stellte sich für dieses Forschungsprojekt die Frage der grundsätzlichen Machbarkeit die darin geschützten „Verfahren und Vorrichtung zum Erzeugen von zwei- und dreidimensionalen Bildern in gasförmigen Medien“ für eine Kunstperformance anzuwenden.

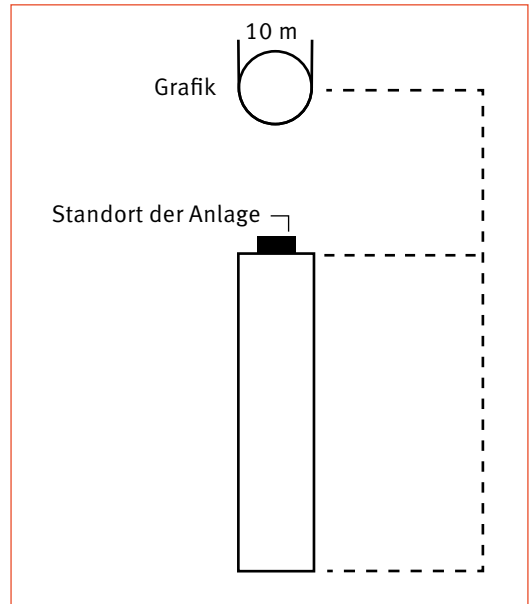
Das Kunstprojekt beabsichtigt über einem Hochhaus frei im Nachthimmel (d.h. ohne Projektionsfläche) grundsätzliche mathematische Fragestellungen in selbstleuchtende Formen umzusetzen. Also bewegte Formen in unterschiedlicher Höhe aufscheinen zu lassen, ohne die Projektionsquelle erkennbar zu machen (mittels Infrarot-CO<sub>2</sub>-Laserstrahlen).

Die formale und künstlerische Ausarbeitung ist nicht Aufgabe dieser technischen Machbarkeitsstudie.

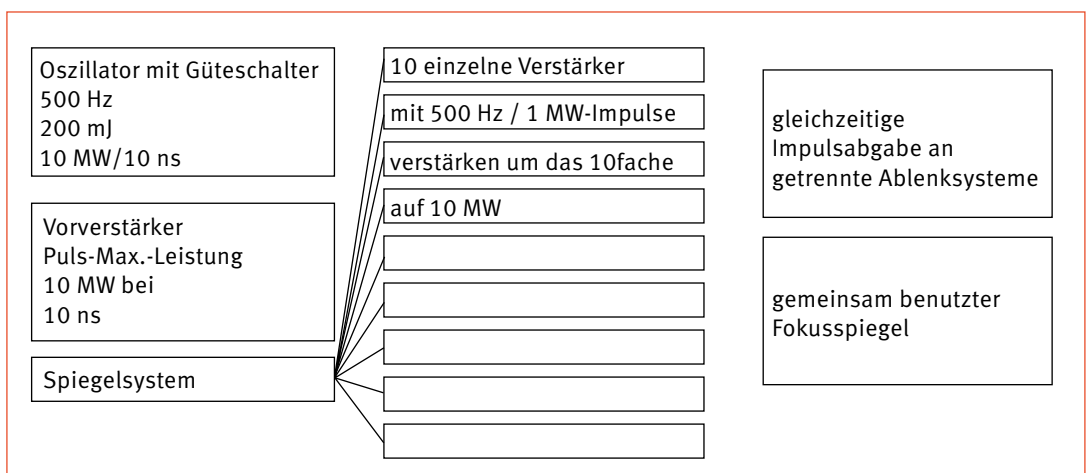
Mit dieser Materialsammlung wird versucht, den technischen Teil der Realisierung des Kunstprojekts grob zusammenzufassen. Insbesondere ging es hierbei um eine – in Teilen auch widersprüchlich erscheinende – Abschätzung der Machbarkeit, der Risiken und Unwägbarkeiten der Projektrealisierung.

Exakte Berechnungen sind von dieser Materialsammlung nicht zu erwarten. Hier zitierte Zahlenangaben, die oft nur am Telefon mitgeschrieben wurden, sind nicht zwingend zuverlässig.

Die hier zusammengefassten Informationen, Hinweise und Ratschläge kristallisieren vor allem folgende Ergebnisse:



1. Die Entscheidung, welcher Laser Verwendung finden soll, ist nicht nur von wirtschaftlicher Bedeutung, sondern auch unter dem Aspekt von Sicherheitsauflagen zu bewerten.
2. Der Einfluss der Lichtbeugung erfordert relativ hohe Laserleistungen in einer Kombination mit großflächigen Optiken.
3. Der grundsätzliche Aufbau der Laseranlage von Prof. Dr. Eichler wird vor allem deshalb von verschiedenen Seiten favorisiert, weil hierdurch das Problem der Konzentration hoher Laserleistungen in einem Laser bedeutend entschärft wird; weiterhin wurden wirtschaftliche Aspekte dieses Entwurfs positiv hervorgehoben.



### Entwurf der Anlage

- Prof. Dr. Eichler/TU Berlin hat für die Laseranlage folgenden Entwurf gemacht:

Die Berechnungen von Prof. Dr. Eichler beruhen auf einer Hochrechnung eines früheren Tests, dessen Werte hier nicht exakt bekannt sind. Sein System geht von einem YAG-Oszillator aus, mit einer Impulsenergie von 200 mJ (1 MW ?), einer Impulsdauer von 10 ns und einer Frequenz von 500 Hz. Nach einer 10fachen Vorverstärkung wird der Laserstrahl über ein Spiegelsystem an jeweils einzelne parallele Verstärker geschickt.

Nach einer erneuten 10fachen Verstärkung (10 MW Impuls-Spitzenleistung) werden die 10 einzelnen Laserstrahlen über getrennte Ablenkensysteme in einer gemeinsamen Fokuslinse bzw. Spiegel in 100 m Entfernung fokussiert.

Die benötigte Primärleistung dieses Systems schätzte Prof. Dr. Eichler mit ca. 80-90 KW. Für das Fokussystem nahm er eine Linse mit 1 m Durchmesser an.

### Ausstehende Fragestellungen

1. Die Verwendung lediglich einer Fokuslinse bei mehreren Ablenkeinheiten erscheint vor allem bei Betrachtung der notwendigen großen Brennpunktgenauigkeit problematisch.
2. Die Oszillatorfrequenz von 500 Hz in Verbindung mit den hohen (Impulsleistungen scheint keine herkömmliche Laserbetriebsart sein; inwieweit das technologisch problematisch ist (Versagen der Blitzlampe, Kühlsystem) sollte noch geprüft werden. Das betrifft den Oszillator und das Verstärkersystem.

### CO<sub>2</sub> oder YAG-Laser

Bei der Entscheidung für den einen oder anderen Laser sind u.a. folgende Gesichtspunkte zu betrachten:

Die Wellenlänge eines CO<sub>2</sub>-Lasers führt bereits bei wesentlich geringeren Energiedichten zu einem Blitz (ca. 1 % der Energiedichte eines YAG-Lasers, lt. Dr. Wiedemann). Gleichzeitig ist die Lichtbeugung beim CO<sub>2</sub>-Laser erheblich größer. Herr Krage hat errechnet, dass im Idealfall der Spiegel ca. 2,5m Durchmesser haben müsste, um unter Berücksichtigung der Beugung einen Brennpunktdurchmesser von 1 cm zu erreichen. Die wirtschaftlichste Konstellation ist rechnerisch zu ermitteln.

Laser mit geringen Divergenzen (um 0,2 mRad) sind für beide Systeme verfügbar.

Der bessere Wirkungsgrad (Primär/Ausgangsleistung) spricht für den CO<sub>2</sub>-Laser.

Die Herstellung einer entsprechenden optischen Vorrichtung scheint für beide Systeme mit erheblichen Kosten verbunden zu sein. Wenn sich die Angaben über benötigten Durchmesser der Fokussier Vorrichtung bestätigen, scheint die Verwendung eines Spiegelsystems (aus Kostengründen) unvermeidlich.

Herr Hofer empfahl aus verschiedenen Gründen (wesentlich günstigere Herstellung der Spiegel, leichter erzielbarer Blitzeffekt, bessere optische Eigenschaften bei dieser Wellenlänge, geringere Gefährdung) dringend die Verwendung eines CO<sub>2</sub>-Lasers.

Dr. Eberth, Tübingen, empfahl dringend die Verwendung eines CO<sub>2</sub>-Lasers; einerseits sind die Luftbrechungseigenschaften für die Wellenlänge des CO<sub>2</sub>-Lasers zur exakten Fokussierung erheblich günstiger; zum anderen nannte er den Wert einer 20Tsd.fach höheren Gefährdung der Augen durch die Wellenlänge des YAG-Lasers. Diese Gefährdung beruht vor allem darauf, dass mit CO<sub>2</sub>-Lasern zwar durch erhebliche Energiezufuhr eine Eiweißgerinnung im Auge des Betrachters stattfinden kann; im Gegensatz zum YAG-Laser kann das Licht jedoch nicht bis an die Netzhaut vordringen; an der Netzhaut reichen bereits vergleichsweise sehr geringe Lichtintensitäten, um eine Schädigung des Auges zu bewirken.

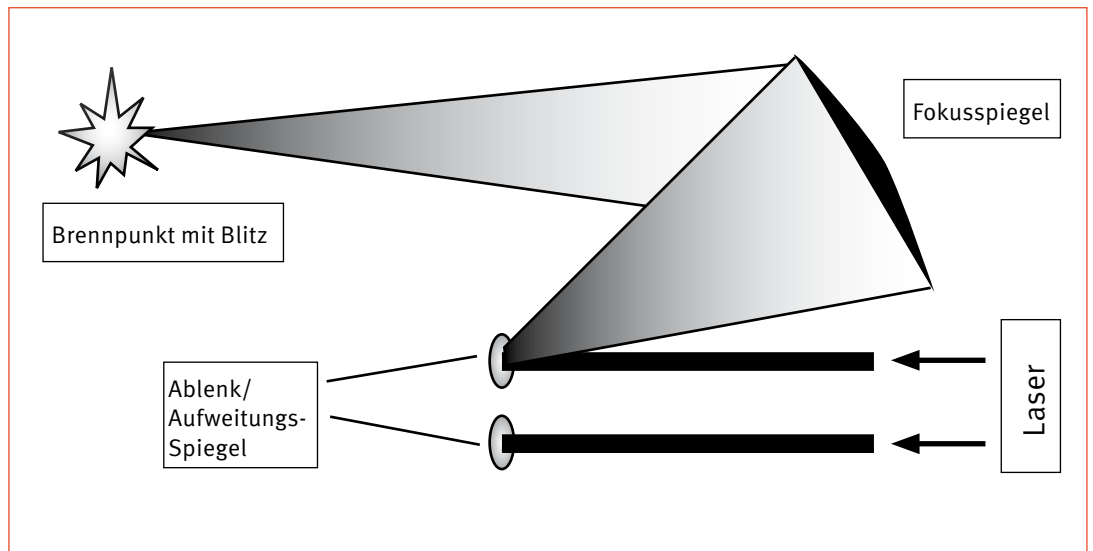
Auch aus diesem Grunde ging Dr. Eberth davon aus, dass für YAG eine Genehmigung nicht erteilt werden dürfte.

### Die Optik: Ergebnisse der Prüfungen

Herr Hubert Hofer ist bei seinen Recherchen für ein optisches System zum Schluss gekommen, dass die optische Anlage in der erforderlichen Qualität herstellbar ist. Toleranzen bzgl. der Luftschlieren und die Veränderungen der Luftigenschaften durch den Laserstrahl selbst hat er in seine Betrachtungen nicht einbezogen. Diese sind gesondert zu untersuchen.

### Anordnung der Optik / Schema

Herr Hofer schlägt die Verwendung von 2 Fokussiegeln mit einem Durchmesser von 30 – 50 cm vor. (Anmerkung: das Problem der Lichtbeugung dürfte hier nicht berücksichtigt worden sein;



überschlägig dürfte in dieser Anordnung bei Verwendung eines  $\text{CO}_2$ -Lasers lt. Herrn Krage der Brennpunktdurchmesser bei ca. 6cm liegen!). Diese beiden Spiegel sind auf einer luftgelagerten Granitplatte (etwa 2m x 1m x 50cm) (Gewicht knapp 4t !!!) an je 3 Punkten montiert. Montierbare Stahlkonstruktionen als Alternative zum Granit sind ebenfalls denkbar, die Entscheidung ist abhängig aus der erlaubten Toleranz, die eine Optikkonstruktion und -berechnung ergibt.

Durch die schmale Bündelung bleibt unklar, wo der Blitz exakt entsteht. Die vorgeschlagene Konstruktion erfordert zwar eine genaue Justage der Anlage (die mit sichtbarem Licht erfolgt, ggf. unter Verwendung einer Rauchbombe), erreicht in diesem Punkt jedoch vergleichbare Genauigkeit wie ein einzelner größerer Spiegel (um 3m Durchmesser). Auch hier entsteht jedoch ein Beugungsproblem; die Größe des Fokuspunktes

(wie oben beschrieben) dürfte im Bereich um 6 cm Durchmesser liegen.

Die Phasenrichtigkeit der zusammentreffenden Laserstrahlen ist für den Blitzeffekt nicht von Bedeutung (hier ist Herr Krage anderer Auffassung: bei Phasenrichtigkeit würde der Blitz wirtschaftlicher erzeugt werden). Die Strahlen könnten am Fokuspunkt auch gegenphasig ankommen, um einen Blitz zu erzeugen.

Die Spiegel werden mit Gold bedampft. Dieses relativ günstige Verfahren beeinträchtigt zwar die Lebensdauer der Anlage, reicht aber für den beschriebenen Zweck problemlos aus.