

Maßschneidern von Head-Up Display Systemen (HUD)

Rainer Jetter*, Andreas Timinger* und Harald Ries***

*OEC AG, München

** Fachbereich Physik, Universität-Marburg

<mailto:rainer.jetter@oec.de>

HUDs sind Systeme mit geringer Apertur. Das HUD muss die Verzeichnung, welche durch die Reflexion an eine Windschutzscheibe mit prinzipiell freier Form hervorgerufen wird, mit einer weiteren, dazu angepassten Freiformfläche kompensieren. Das Maßschneiderverfahren ermöglicht es, diese Korrekturfläche gezielt zu berechnen.

1 Die Herausforderung:

Die Idee ist einleuchtend: wichtige Informationen von Instrumenten werden in die Windschutzscheibe eingespiegelt. Der Autofahrer muss dafür den Blick nicht auf die Instrumententafel richten, also „wegschauen“. Daher der Name. Erste Realisierungen finden sich bei Militärflugzeugen, was die Werbung großer Automobilhersteller in Szene setzt; siehe Abb.1:



Abb. 1 Die Idee des Head-Up Displays: Wie ein Pilot soll der Autofahrer wichtige Information der Instrumente in die Windschutzscheibe eingespiegelt sehen

Im Gegensatz zum Pilotenhelm, dessen Position relativ zum Auge unverändert bleibt, verändert sich die Position des Auges beim Autofahrer relativ zur Windschutzscheibe. Darüber hinaus soll die eingespiegelte Information als virtuelles Bild in gewissem Abstand vor der Windschutzscheibe erscheinen, um die Notwendigkeit zur Entfernungs-Adaptation zu vermeiden.

Daher ist es unvermeidbar, dass der Bereich der Windschutzscheibe, welcher zur Spiegelung beiträgt, je nach Ort des Betrachters – ja sogar zwischen linkem und rechtem Auge – wechselt.

Dadurch ergibt sich die besondere Herausforderung für das optische Design eines HUD Systems, nämlich trotz der Spiegelung in einer gekrümmten Windschutzscheibe eine genügend gute Abbildung zu erreichen. Insbesondere Änderungen der Verzeichnung mit der Lage des beobachtenden Auges sind zu vermeiden, weil diese als besonders störend empfunden werden.

Die Windschutzscheibe ist eine Freiformfläche, welche in aller Regel wie im Automotivbereich üblich als NURBS vorliegt. Beide Hauptkrümmungen einer Windschutzscheibe ändern sich signifikant über den relevanten Bereich, welcher sich aus der zulässigen Lage der Augen (Eye-Box) ergibt.

2 Maßschneidern

Unser Ansatz ist nun, die Form einer optischen Fläche so zu bestimmen, dass ausgewählte Kriterien exakt erfüllt sind [1]. Mit einer einzigen Freiformfläche lässt sich die Abbildung des zentralen Bildpunktes exakt korrigieren.

Durch Rückwärts-Strahlverfolgen kann die Krümmung der Wellenfront vor der Spiegelung in der Windschutzscheibe berechnet werden, welche nötig ist, damit die gespiegelte Wellenfront korrekt ist. In Abb. 2 sind kleinste und größte Krümmung jeweils in einem horizontalen und einem vertikalen Schnitt dargestellt.

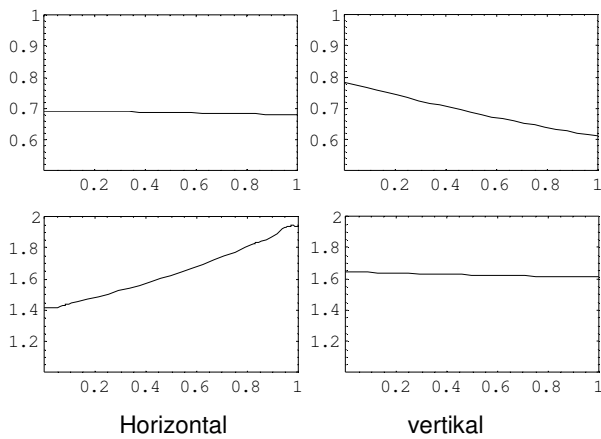


Abb. 2 kleinste und größte Krümmung der Wellenfront in Einheiten [1/m] jeweils in einem horizontalen und einem vertikalen Schnitt in relativen Einheiten.

Die HUD Spiegelfläche wird maßgeschneidert mit dem Ziel, aus der Wellenfront des Zentralen Punktes eines LCD Displays die in Abb. 2 dargestellte Soll-Wellenfront zu erzeugen.

Abb. 3 zeigt die Anordnung, Abb. 4 das Ergebnis, den maßgeschneiderten HUD-Spiegel.

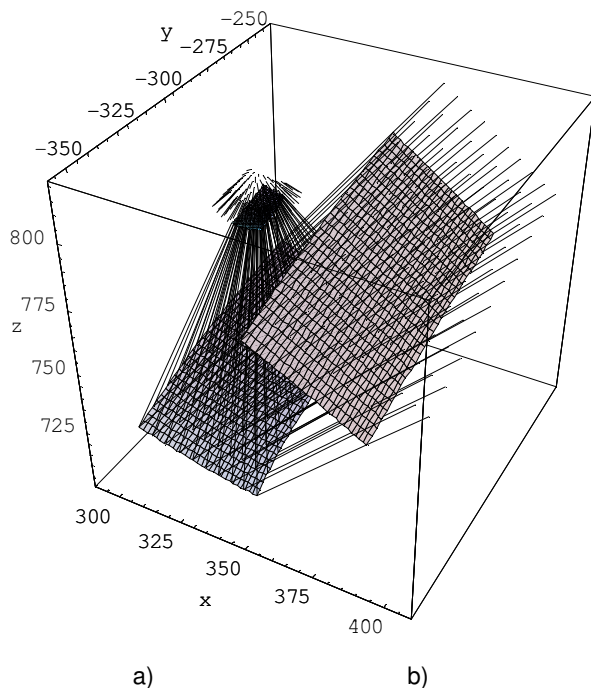


Abb. 3 a) Anordnung: LCD links-oben, HUD-Spiegel (unten) und Soll-Wellenfront. b) HUD-Spiegel, Einheiten mm in einem absoluten Koordinatensystem.

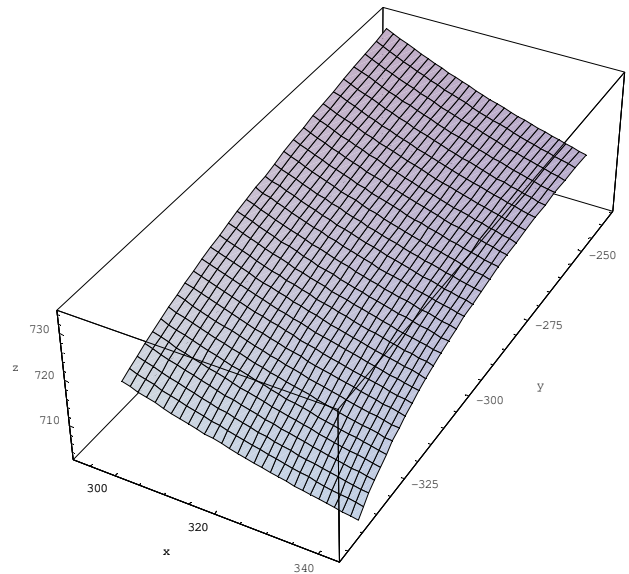


Abb. 4 b) Maßgeschneiderter HUD-Spiegel, Einheiten mm in einem absoluten Koordinatensystem

Das gezeigte Beispiel korrigiert den Öffnungsfehler. Zusätzlich dazu und simultan ließe sich die Sinus-Bedingung exakt einhalten und damit eine insgesamt aplanatische Abbildung erreichen [2], wenn gleichzeitig zwei optische Freiform-Flächen maßgeschneidert werden.

Literatur

- [1] Ries, H. and J. Muschaweck "Tailored freeform optical surfaces." J. Opt. Soc. Am. A **19(3)**: 590-595 (2002)
- [2] Born, M. and E. Wolf Principles of Optics. Cambridge, Cambridge University Press (1999).