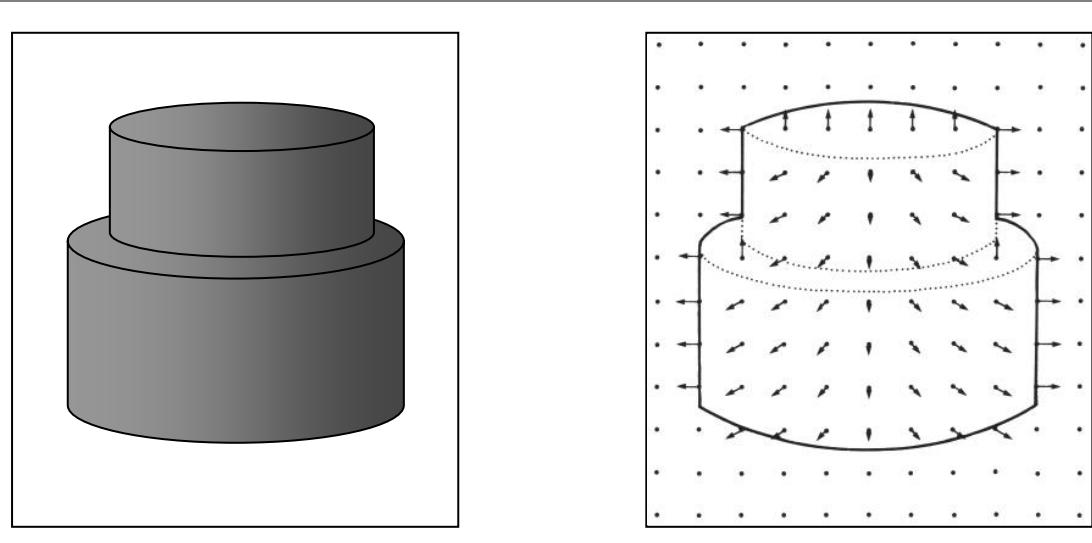


Comp. Vis.; Kap. 8: Shape from X

Ziel: Ermittlung der Oberflächenorientierung
⇒ 2,5 D (da Rückseite immer unbekannt).

Darstellung mit „Nadel-Diagrammen“



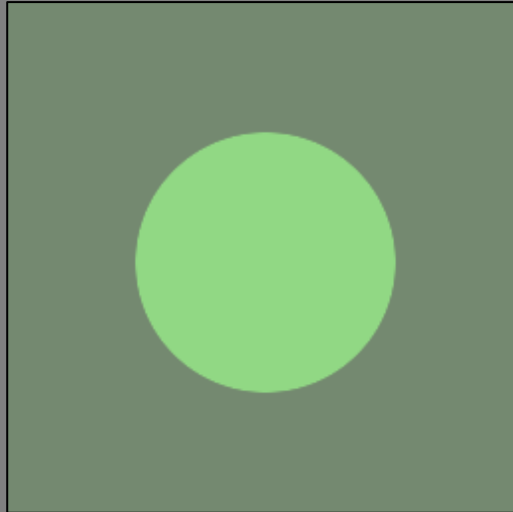
Drei Ansätze:

- Form aus Schattierung - Shape from Shading; (Kapitel 8.1)
- Form aus Konturen - Shape from Contours; (Kapitel 8.2)
- Form aus Texturen - Shape from Texture ; (Kapitel 8.3)



Comp. Vis.; Kap. 8: Shape from X

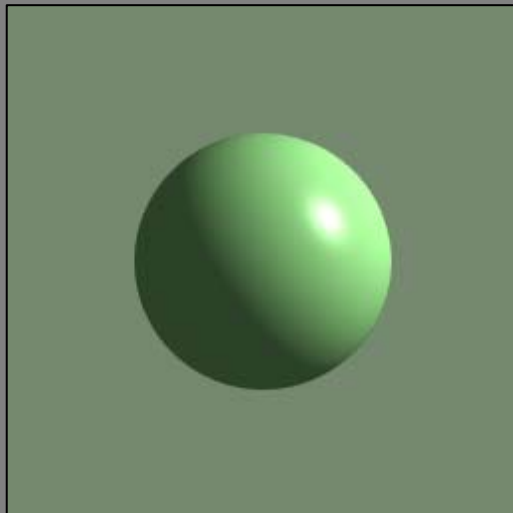
Tiefenwahrnehmung: Beispiel für „Shape from Shading“ und „Shape from Texture“



Diffuse
Beleuchtung



Lambertscher
Strahler



Metallisch
glänzend



Metallisch
glänzend
mit Textur



Comp. Vis.; Kap. 8: Shape from X

8.1 Form aus Schattierung (Shape from Shading)

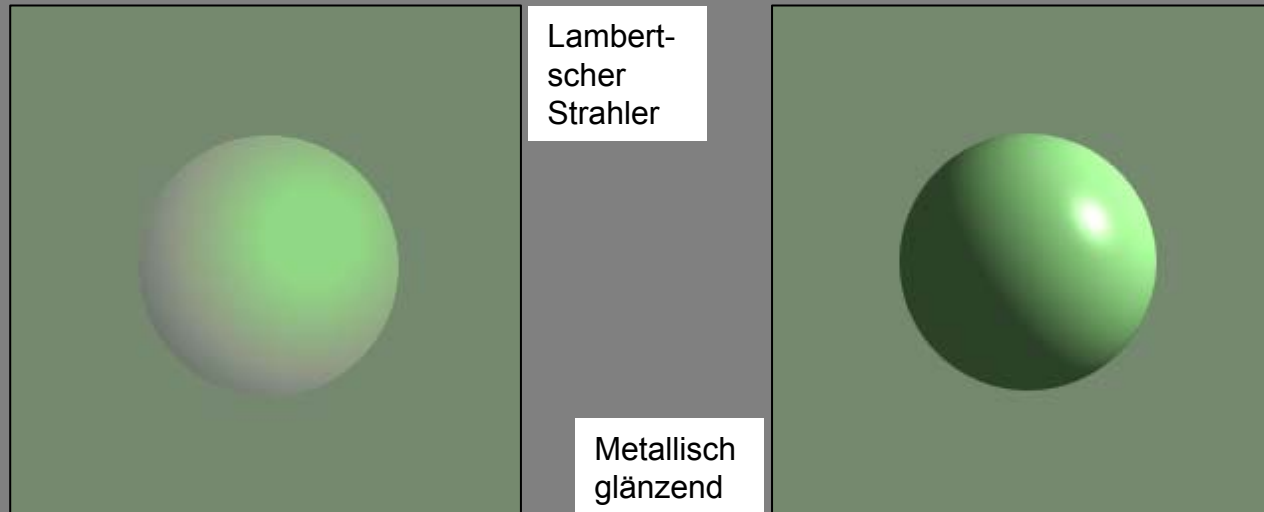
(Photometrisches Stereo)

Grundidee:

(für Kugel aus homogenem Material)

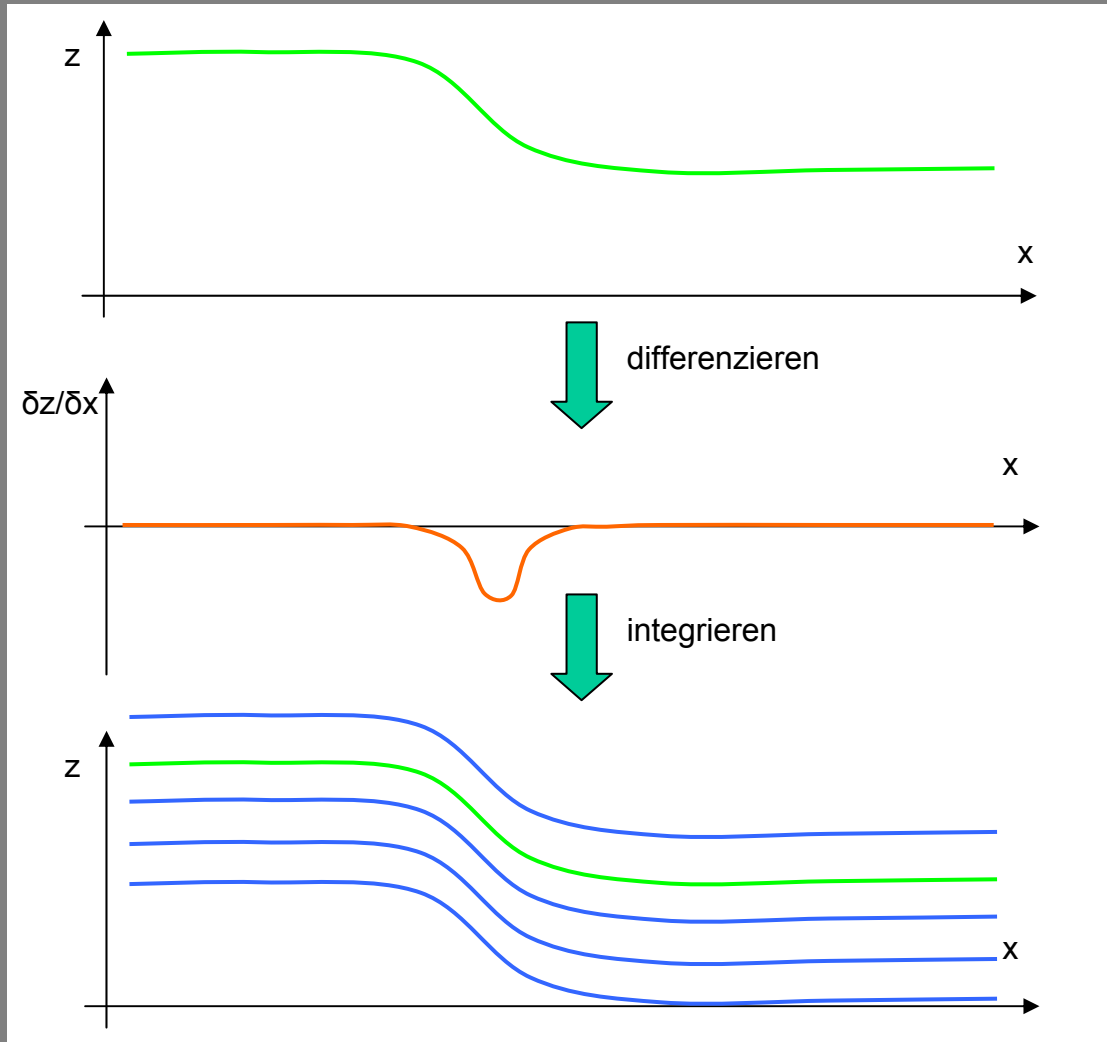
Helligkeits-Änderungen im Bild entsprechen Änderungen der Oberflächen-Orientierung in der Szene bezüglich Lichtquelle und/oder Betrachter.

... und Änderungen der Oberflächen-Orientierung entsprechen Abstands-Änderungen.



Comp. Vis.; Kap. 8: Shape from X

Erläuterung zu: „Änderungen der Oberflächen-Orientierung entsprechen Abstands-Änderungen“



Comp. Vis.; Kap. 8: Shape from X

Anwendungen zu „Shape from Shading“; (Bilder von der ersten Mars-Mission)



Das Aussehen der Oberfläche ist stark von der Beleuchtung abhängig



„Quelle“ „Robot Vision“, B. K. P. Horn, MIT Press

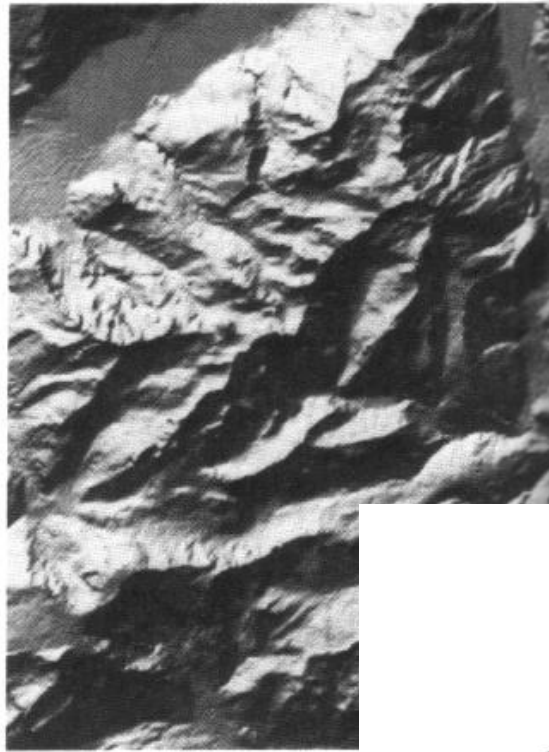
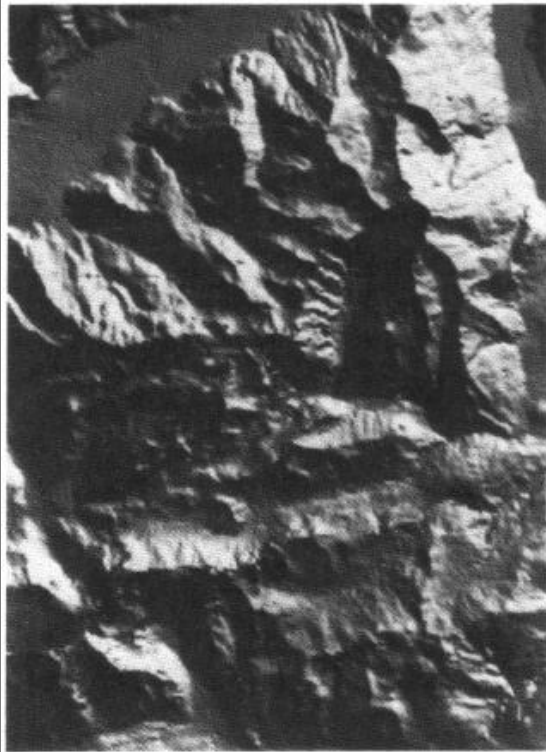
Wolf-Dieter Groch; Hochschule Darmstadt; FBI

5/23

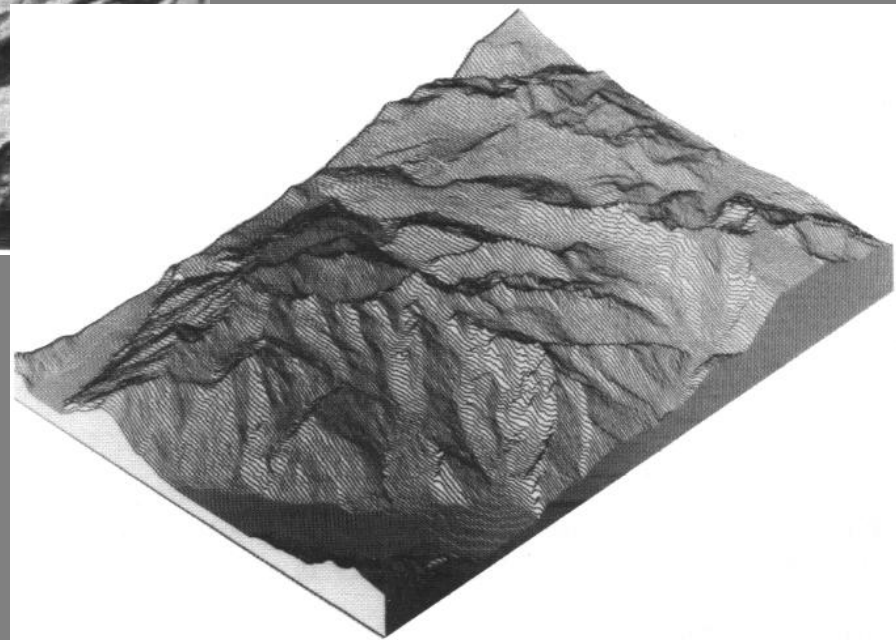


Comp. Vis.; Kap. 8: Shape from X

Anwendungen zu „Shape from Shading“



Photometrisches Luftbildpaar
und entsprechendes Digitales
Geländemodell



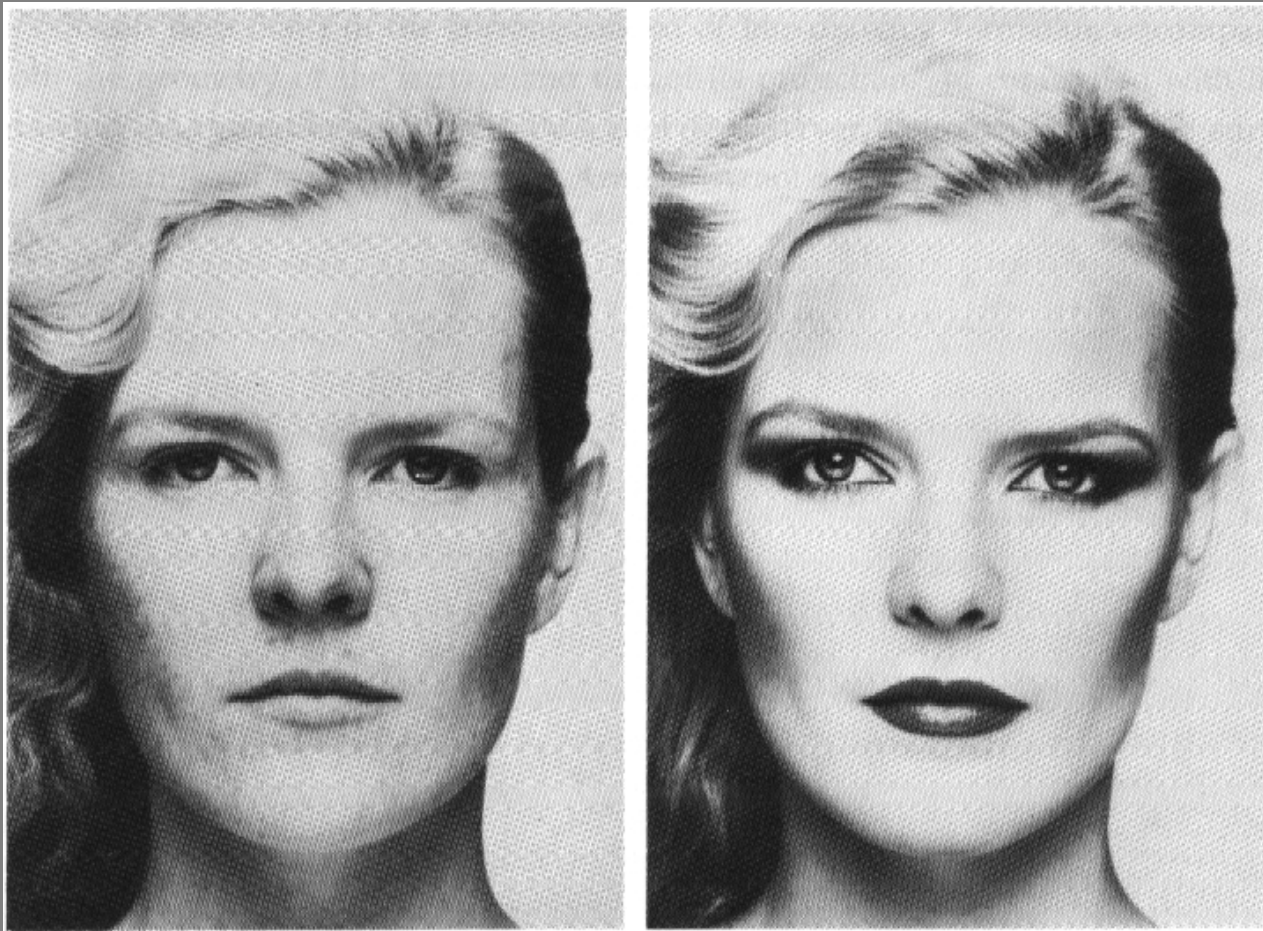
„Quelle „Robot Vision“, B. K. P. Horn, MIT Press

Wolf-Dieter Groch; Hochschule Darmstadt; FBI



Comp. Vis.; Kap. 8: Shape from X

Anwendungen zu „Shape from Shading“



„Quelle <http://www.lifestyle.de/index.php?path=kosmetik%2Fschminkschule%2Fgesicht>“

„Quelle „A Guided Tour of Computer Vision“, V. S. Nalwa, Addison Wesley

Zitat: „Rechteckiges Gesicht: wirkt häufig etwas kurz. Wangen- und Unterkieferknochen relativ stark ausgeprägt. Platzieren Sie das Rouge direkt unter dem Wangenknochen. Bei etwas kurzem Gesicht das Rouge etwas steiler auftragen. Bei ausgeprägten Unterkieferknochen diese mit einem neutralen Rouge retuschieren.“



Comp. Vis.; Kap. 8: Shape from X

Anwendungen zu „Shape from Shading“



Shape from Shading zur Höhenlinien-Generierung

„Quelle“ „Robot Vision“, B. K.
P. Horn, MIT Press



Comp. Vis.; Kap. 8: Shape from X

Shape from Shading Grund-Idee über die Anschauung:

- Bildpunkt ist Abbild eines Oberflächen-Elementes O im 3D-Raum;
- Die Helligkeit eines Bildpunktes wird beeinflusst durch:
 - Beleuchtung,
 - Reflektions-Verhalten der Oberfläche,
 - Neigung der Oberfläche bzgl. Lichtquelle und/oder Betrachter bzw. Kamera,
 - Abstand der Oberfläche zur Lichtquelle.

Vereinfachende Annahmen:

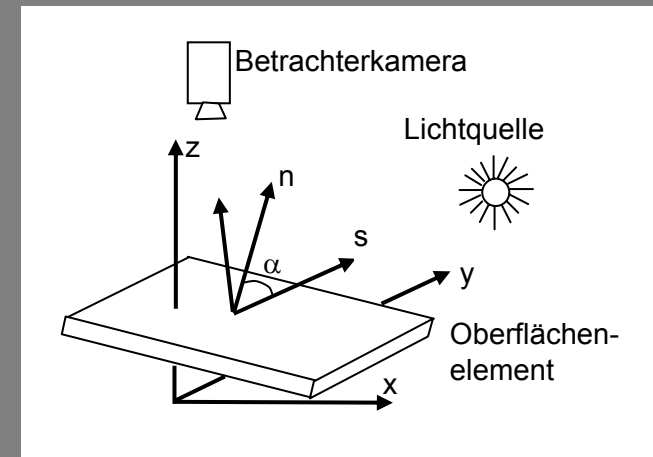
- Lichtquelle unendlich weit entfernt
- Objekte nur diffus reflektierend (Lambertscher Strahler);
(d.h. Reflektion ist unabhängig vom Betrachter-Winkel; hängt nur vom Winkel α zwischen Oberflächen-Normale n und Beleuchtungs-Richtung s ab.

In diesem Falle gilt:

- Helligkeit maximal, falls Winkel $\alpha = 0^\circ$;
- Helligkeit minimal, falls Winkel $\alpha = 90^\circ$;
- dazwischen entspricht jeder Winkel genau einer Helligkeit.

Dieser Zusammenhang lässt sich in einer Tabelle erfassen und als Look-Up-Table (LUT) darstellen!

Ist damit zu jeder Pixel-Helligkeit die Orientierung des zugehörigen Oberflächen-Elementes eindeutig bestimmt???



Helligkeit	Winkel α

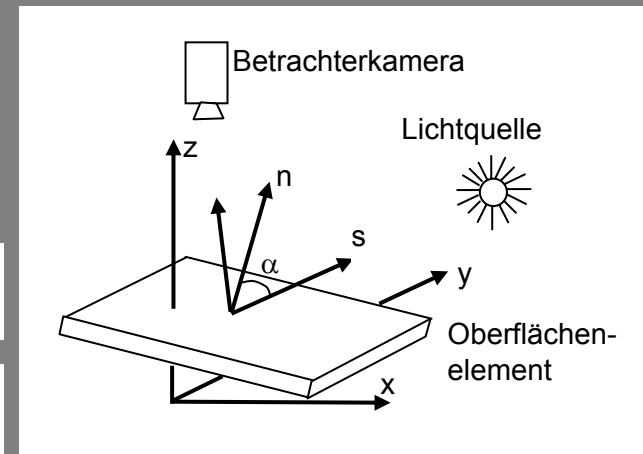
Comp. Vis.; Kap. 8: Shape from X

Zur Erinnerung: Pixel-Helligkeit entspricht genau einem Winkel α zwischen Oberflächen-Normale n und Beleuchtungs-Richtung s !

Ist damit zu jeder Pixel-Helligkeit die Orientierung des zugehörigen Oberflächen-Elementes O eindeutig bestimmt???

NEIN, denn der Winkel α kann noch um die Beleuchtungs-Richtung s gedreht werden ... d.h. die möglichen Oberflächen-Elemente O entsprechen einem Kegel-Mantel; (oder: ... sie liegen auf einem Kreis auf einer Kugeloberfläche).

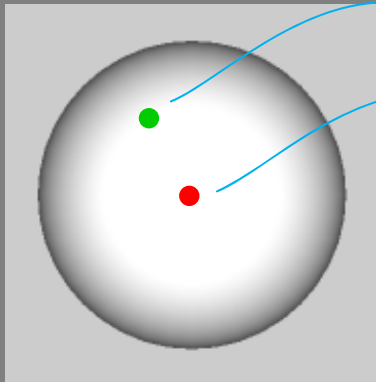
- Jetzt Lichtquelle verschieben und erneut Bild aufnehmen (z.B. selbe Szene bei anderem Sonnenstand);
- wieder entspricht die Helligkeit in einer bestimmten Bildposition einem (anderen) Winkel α zwischen Oberflächen-Normale n und Beleuchtungs-Richtung s ; die zugehörigen möglichen Oberflächen-Orientierungen entsprechen wieder einem Kreis auf der Kugeloberfläche.
- die beiden Kreislinien schneiden sich i.d.R. in zwei Punkten auf der Kugel ... also sind aktuell noch zwei Orientierungen des Oberflächen-Elementes O möglich.
- Eine dritte Lichtquelle liefert eine dritte Kreislinie (die durch einen der beiden Schnittpunkte geht!) ... und damit ist die Orientierung des Oberflächen-Elementes O eindeutig festgelegt!



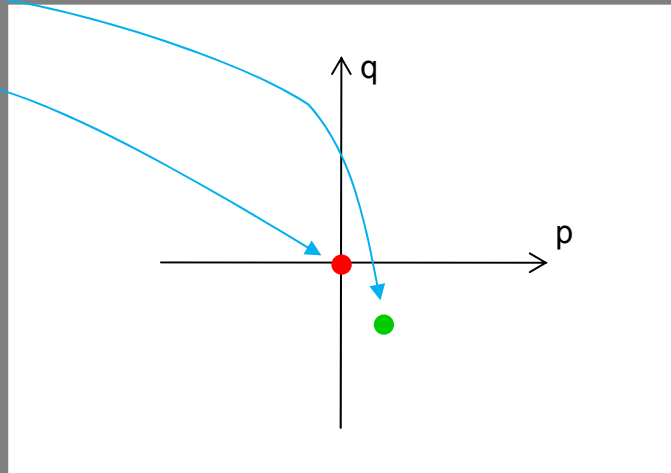
Comp. Vis.; Kap. 8: Shape from X

Shape from Shading

Einführung des **Gradienten-Raumes** der partiellen Ableitungen für die Betrachtung eines Oberflächen-Elementes O:



Halbkugel im x-y-z-Raum; (z-Achse steht aus der Bildebene heraus)



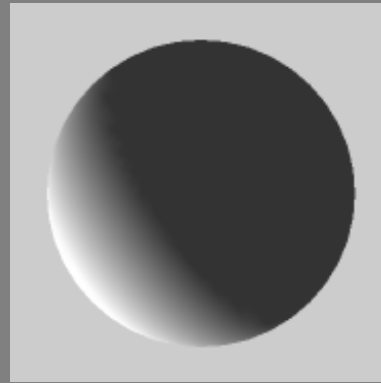
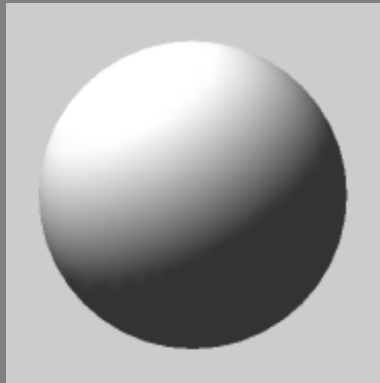
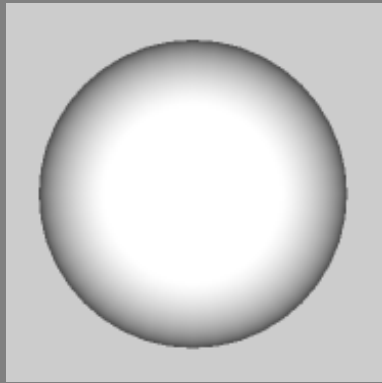
p-q-Gradienten-Raum: $p = \frac{\delta O}{\delta x}$
(bzgl. z-Werten) $q = \frac{\delta O}{\delta y}$



Comp. Vis.; Kap. 8: Shape from X

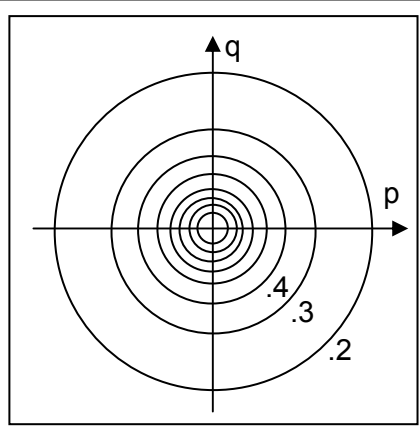
Shape from Shading

Beispiel für die Erstellung und Auswertung von Reflektionskarten (Gradientenraum)

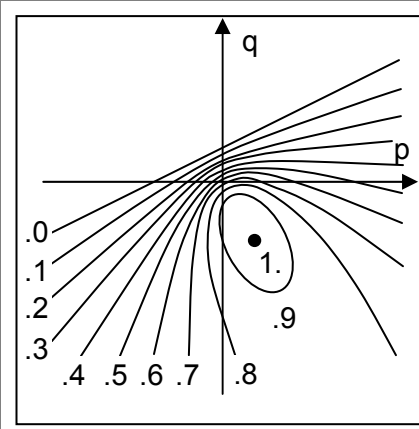


Oben: jeweils
Halbkugeln
im x-y-z-Raum

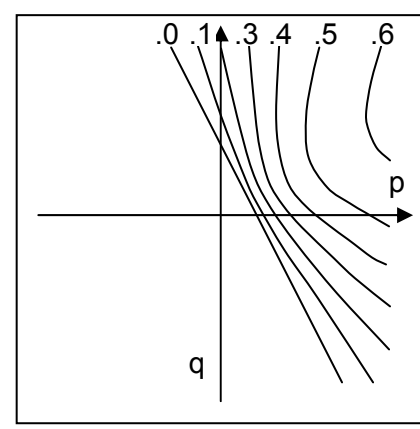
Unten: jeweils Gradientenraum (Reflektionskarte) mit eingezeichneten Isolinien gleicher Helligkeit



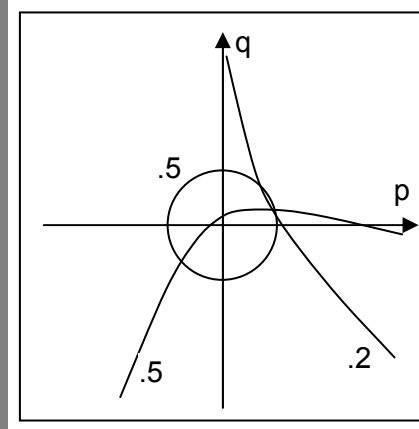
Reflektionskarte bei Beleuchtung von vorne



Reflektionskarte bei Beleuchtung von links



Reflektionskarte bei Beleuchtung von links unten und leicht von hinten

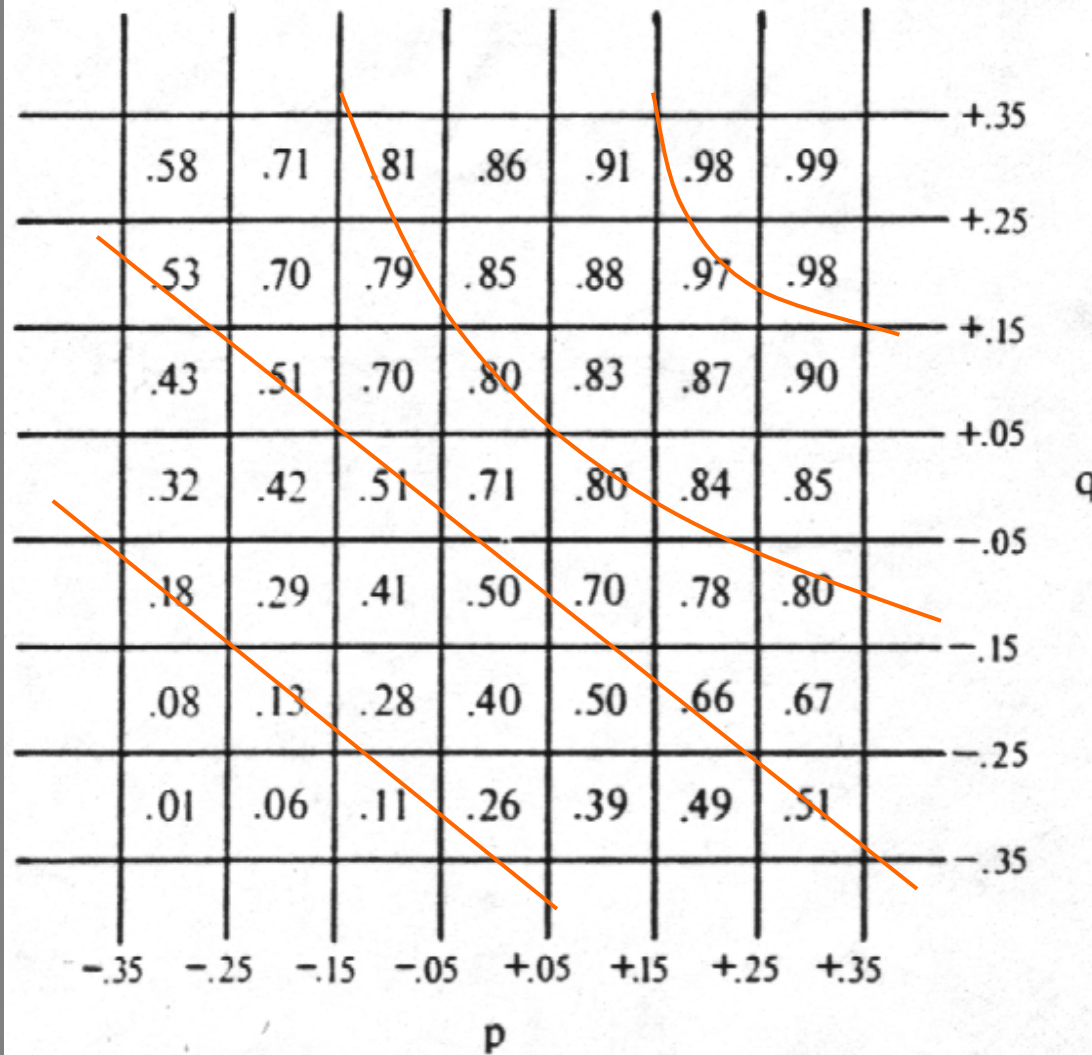


Überlagerung von je einer Isolinie führt zur eindeutigen Bestimmung der Oberflächenorientierung eines Oberflächenelementes

Comp. Vis.; Kap. 8: Shape from X

Shape from Shading

Beispiel für eine gerasterte Reflektionskarte mit überlagerten Isolinien



Wolf-Dieter Groch; Hochschule Darmstadt; FBI

Also:

1.) Lernphase (einmal vorab):

- je Material Halbkugel erstellen;
- Halbkugel platzieren und für jede der drei Lichtquellen eine gerasterte Reflektionskarte erstellen (R_1 bis R_3).

Danach:

2.) Arbeitsphase:

Werkstück aus betreffendem Material platzieren und je Lichtquelle ein Bild erstellen (B_1 bis B_3):

Beliebiges Pixel habe in ...

... Bild B_1 die Helligkeit g_1 : liefert Isolinie in Reflektionskarte R_1 ;

... Bild B_2 die Helligkeit g_2 : liefert Isolinie in Reflektionskarte R_2 ;

... Bild B_3 die Helligkeit g_3 : liefert Isolinie in Reflektionskarte R_3 .

Die drei Isolinien schneiden sich in einem Punkt ... dieser gibt die Oberflächen-Orientierung des Oberflächen-Elementes O an, das dem betrachteten Pixel entspricht.

„Quelle „Robot Vision“,
B. K. P. Horn, MIT Press

Comp. Vis.; Kap. 8: Shape from X

Rechen-Beispiel für die Bestimmung der Oberflächenorientierung eines Oberflächen-Elementes aus 3 Reflektionskarten

(Eine Reflektionskarte je Lampenposition für die Halbkugel aus dem entsprechenden Material)

1. Reflektionskarte

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	4	5	5	6	5	5	4
-2	5	6	6	7	6	6	5
-1	5	6	7	8	7	6	5
0	6	7	8	9	8	7	6
1	5	6	7	8	7	6	5
2	5	6	6	7	6	6	5
3	4	5	5	6	5	5	4

2. Reflektionskarte

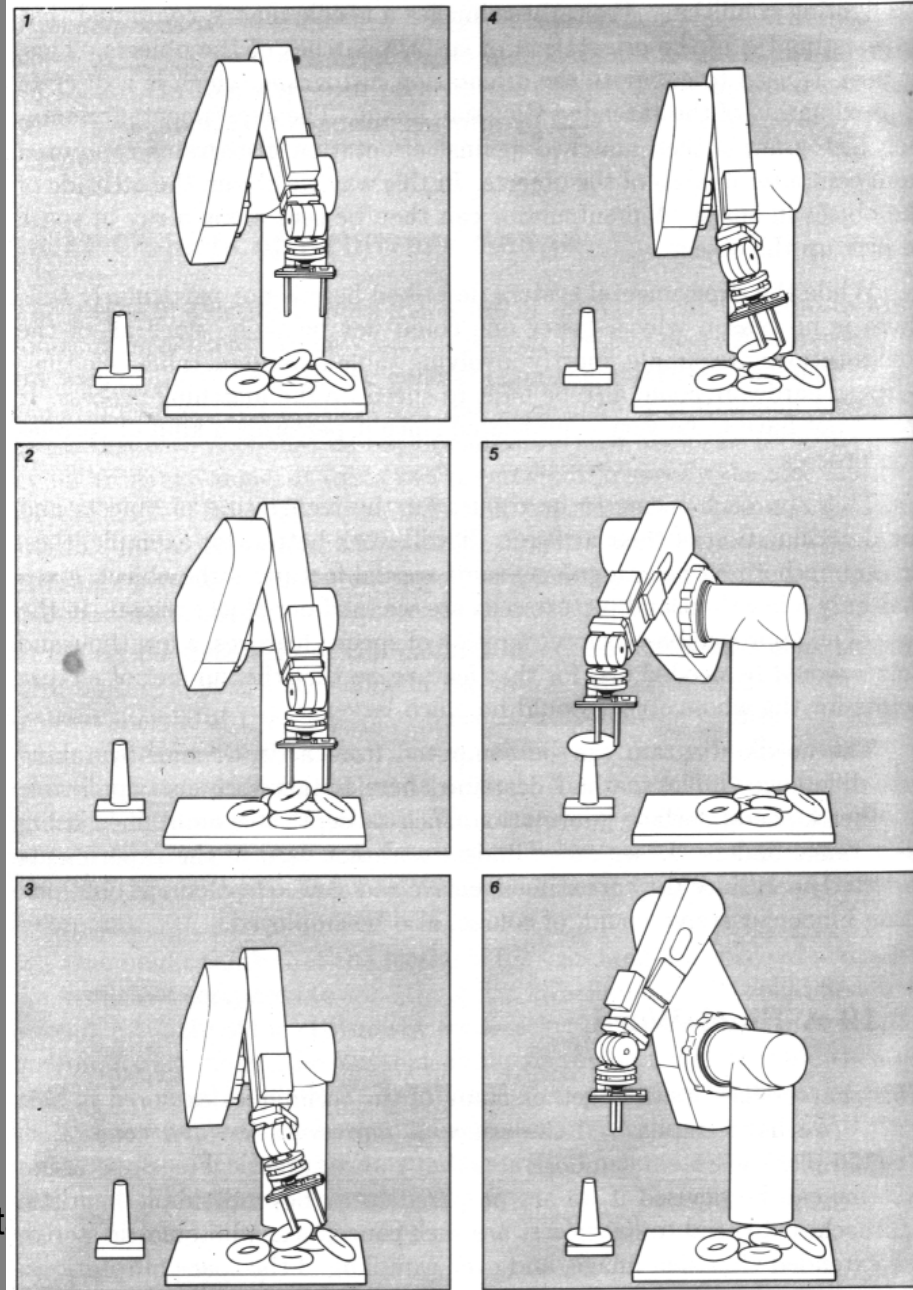
	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	1	1	2	3	3	4	4
-2	2	2	3	4	5	5	5
-1	2	3	4	5	6	6	6
0	3	4	5	6	6	7	7
1	3	4	5	6	7	8	8
2	2	3	4	5	6	7	8
3	1	2	3	4	5	6	7

3. Reflektionskarte

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	1	2	3	4	4	5	5
-2	2	3	4	5	6	5	4
-1	3	4	5	6	5	4	3
0	3	4	5	5	4	3	2
1	2	3	4	4	3	2	1
2	2	2	3	3	2	1	0
3	1	1	2	2	1	0	0

Comp. Vis.; Kap. 8: Shape from X

Historischer Demonstrator für
Photometrisches Stereo



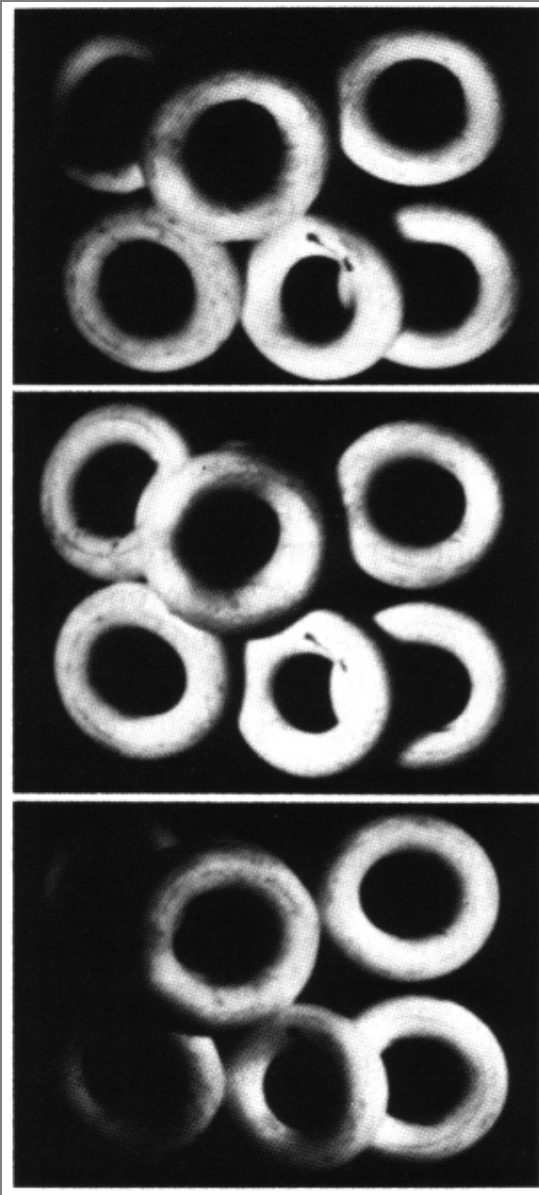
„Quelle „Robot Vision“,
B. K. P. Horn, MIT Press

Wolf-Dieter Groch; Hochschule Darmst

15/23

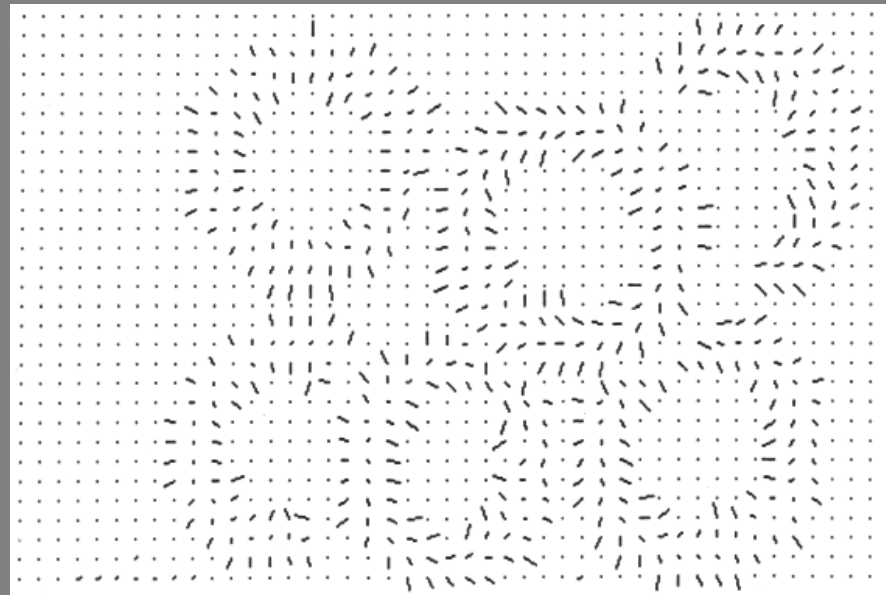


Comp. Vis.; Kap. 8: Shape from X



Beispiel für Photometrisches Stereo

Drei Eingabe Bilder und daraus
ermitteltes Nadel-Diagramm

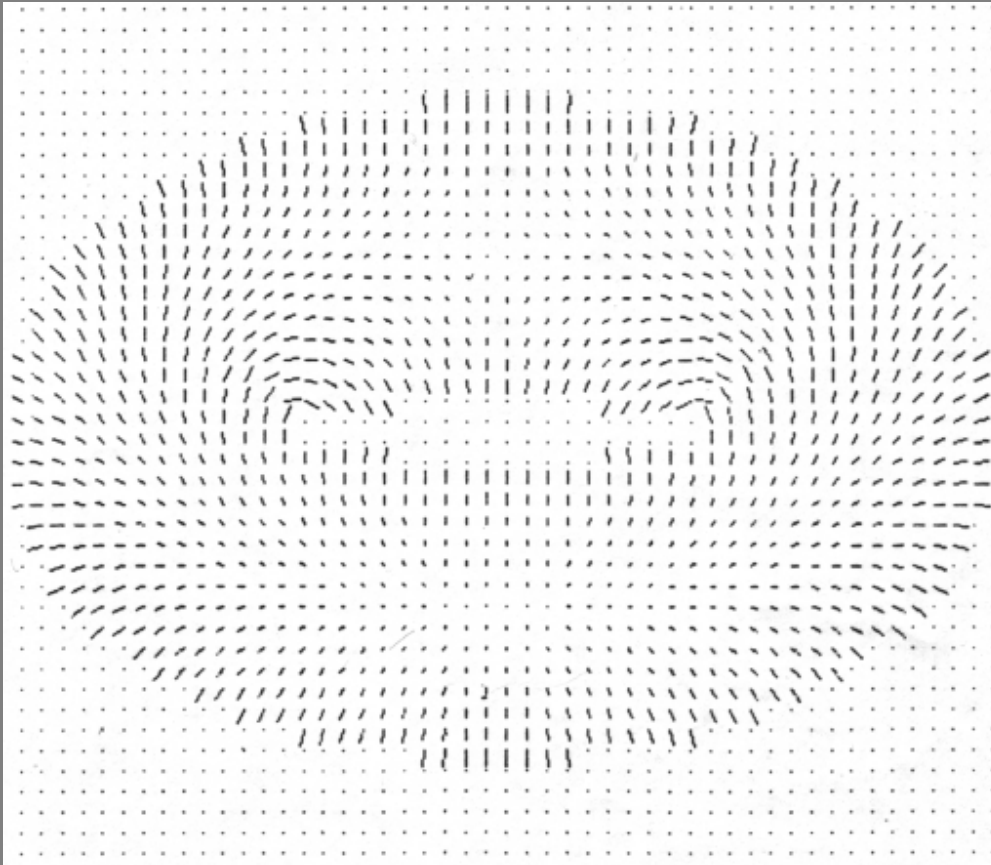


„Quelle“ „Three-Dimensional Computer Vision“, Y. Shirai



Comp. Vis.; Kap. 8: Shape from X

Beispiel für Photometrisches Stereo



Nadel-Diagramm eines Torus
(Vollständig durch Relaxation)

„Quelle“ „Robot Vision“,
B. K. P. Horn, MIT Press



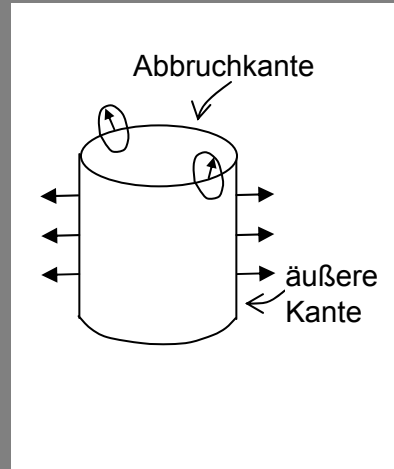
Comp. Vis.; Kap. 8: Shape from X

8.2 Form aus Konturen (Shape from Contours)

Beispiele für die Bestimmung der Oberflächenorientierungen in Strichzeichnungen

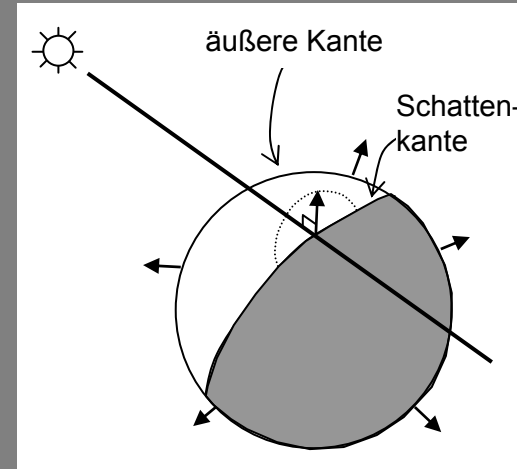


Nur Konturen! Trotzdem kann der Mensch überall die Oberflächen-Orientierung beschreiben.



An äußeren Kanten ist die Oberflächen-Orientierung eindeutig festgelegt.

An Abbruchkanten ist die Oberflächen-Orientierung auf eine Ebene eingeschränkt.

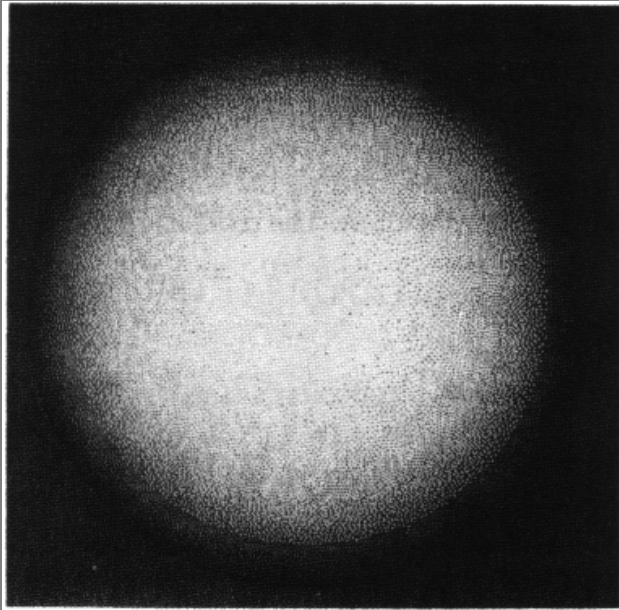


An Schattenkanten ist die Oberflächen-Orientierung auf eine Ebene eingeschränkt.

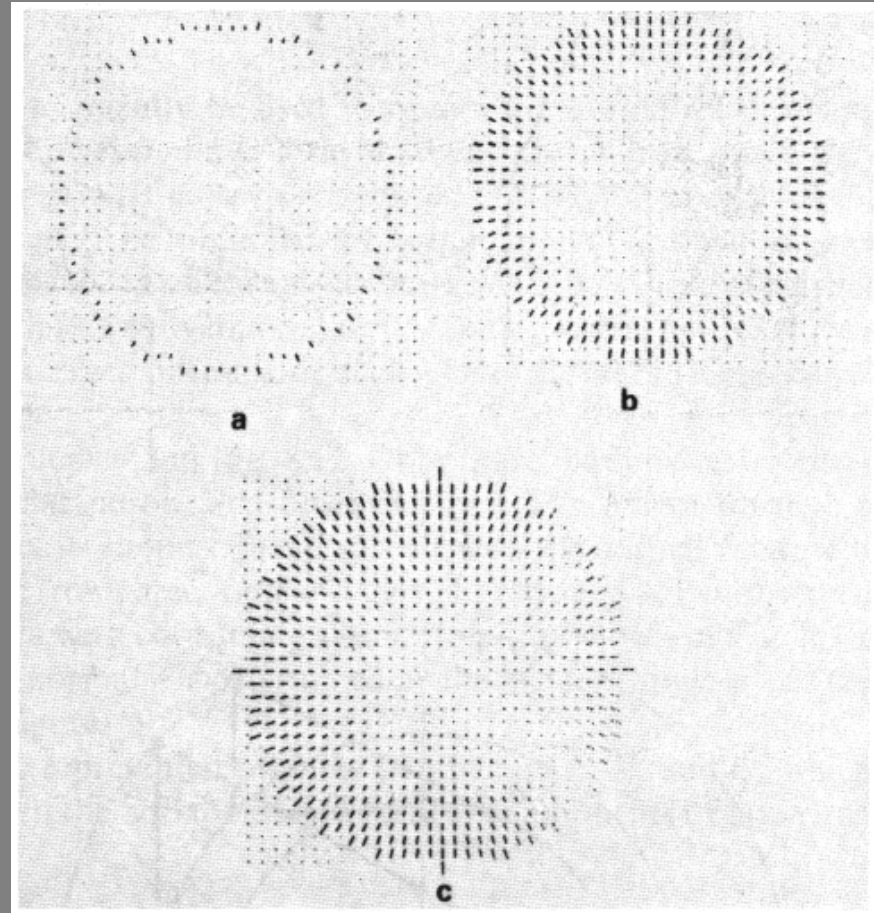


Comp. Vis.; Kap. 8: Shape from X

Historisches Beispiel zu Shape from Contours



Synthetisches Bild einer Kugel und
Relaxationsverfahren zur Normalen-
Generierung



„Quelle „Three-Dimensional
Computer Vision“, Y. Shirai

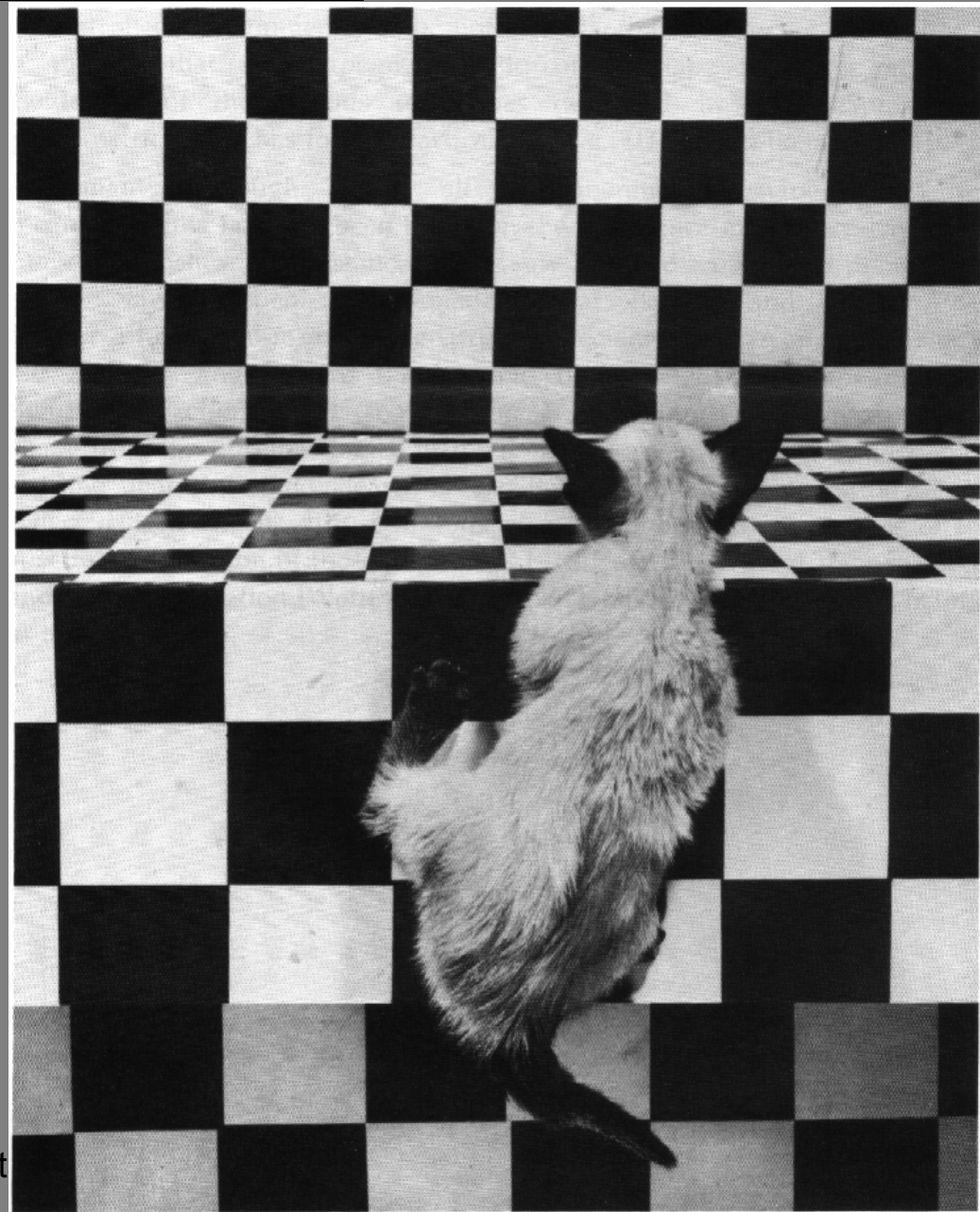


Comp. Vis.; Kap. 8: Shape from X

8.3 Form aus Texturen (Shape from Texture)

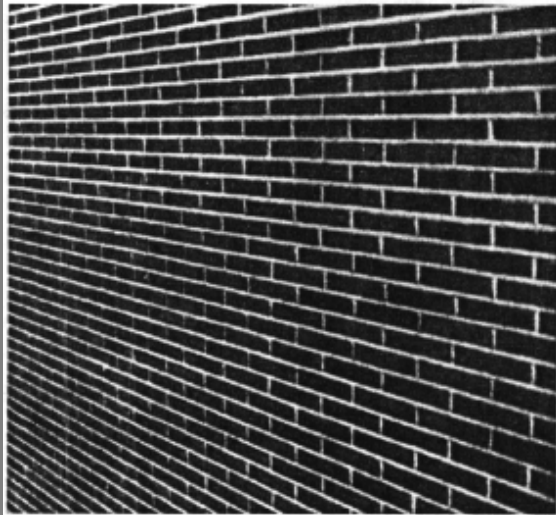
Beispiel für Shape from Texture

„Quelle „A Guided Tour of
Computer Vision“, V. S. Nalwa,
Addison Wesley

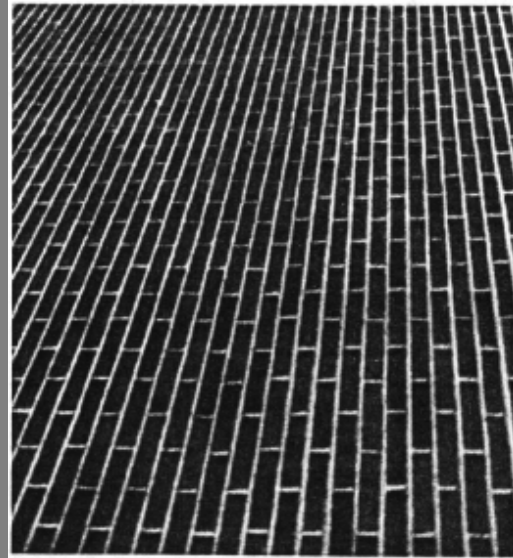


Comp. Vis.; Kap. 8: Shape from X

Beispiel für Shape from Texture



Backstein-Mauer



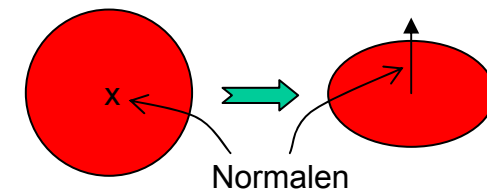
„Quelle“ „Machine Perception“, R. Nevatia, Prentice Hall

Gitter auf Boden oder Backstein-Weg? (Ursprüngliches Bild um 90 Grad gedreht)

Was passiert bei „Schrägsicht“ auf Texturen?

- 1.) Entfernungsabhängige Skalierung (lineare Perspektive);
- 2.) Verkürzung in einer Richtung (abhängig von der „Neigung“ der Oberfläche)

Zu: 2.) Verkürzung in einer Richtung:
die Verkürzung entspricht dem Cosinus zwischen der Oberflächen-Normale und der Betrachter-Blickrichtung.



Comp. Vis.; Kap. 8: Shape from X

Beispiel für Shape from Texture

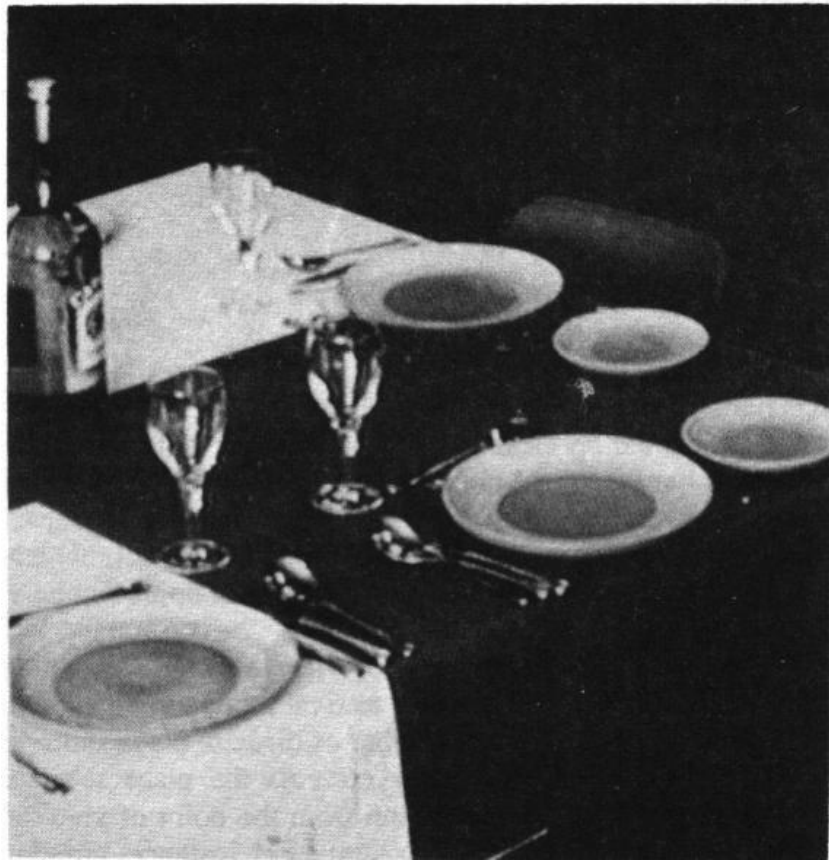
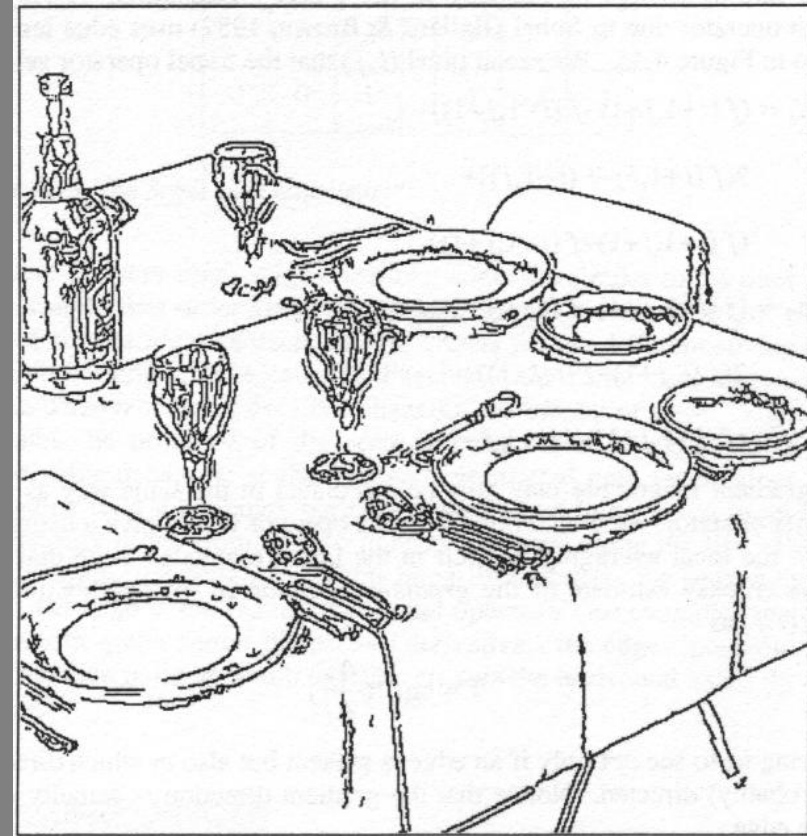


Bild mit Tellern auf einem Tisch, bei dem die Orientierung der Oberfläche aus der elliptischen Form der Teller rekonstruiert werden kann

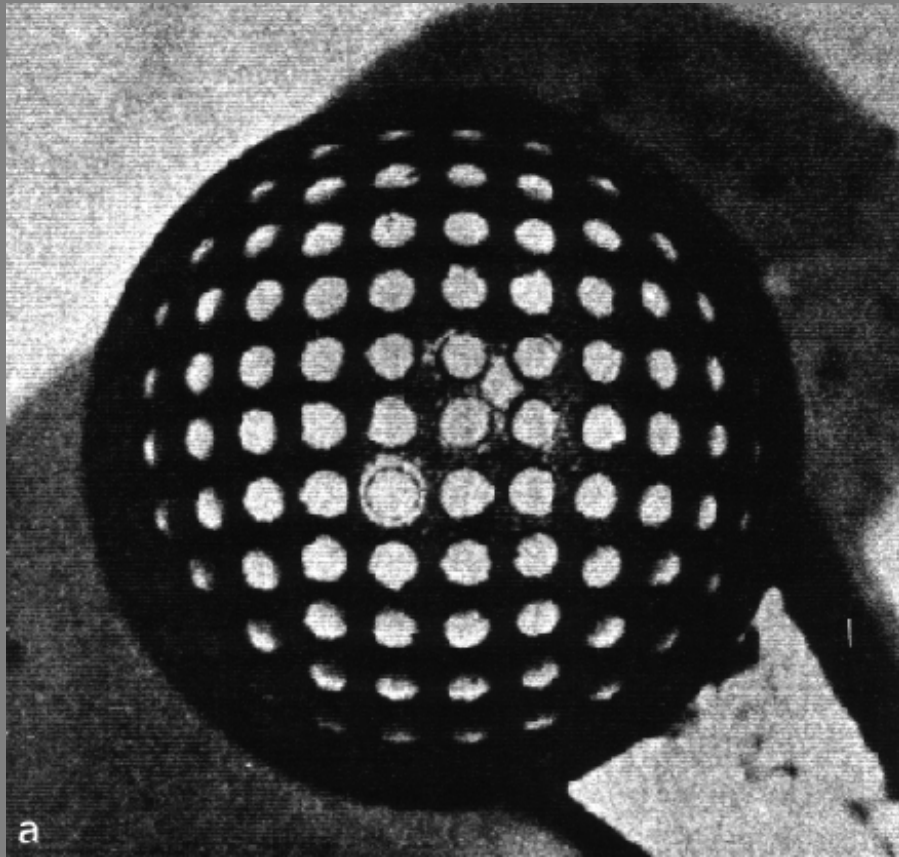


„Quelle „Computer Vision“, R. D. Boyle, R. C. ThomasY. Shirai



Comp. Vis.; Kap. 8: Shape from X

Beispiel für Shape from Texture



„Quelle „Three-Dimensional Computer Vision“, Y. Shirai

Bild eines Golfballs und daraus abgeleitete 2,5-D-Skizze

