

# Die Hermann-Gitter-Täuschung: Lehrbuch-erklärung widerlegt

## Optische Täuschungen

Zunächst ein Wort zur Terminologie: Streng genommen ist es nicht richtig, die zur Rede stehenden Täuschungen als optische zu bezeichnen, denn die zugrunde liegenden Prozesse treten erst nach Durchlaufen der Augenoptik auf. Korrekt wäre, von „visuellen“ Täuschungen zu sprechen. Dennoch bleibe ich hier bei der Benennung „optische Täuschungen“, da schon von Helmholtz [25] diesen Begriff häufig benutzte. Nicht glücklich bin ich aber mit der Bezeichnung „optische Illusion“, denn es handelt sich dabei um eine Fehlübersetzung aus dem Englischen: Das Wort „illusion“ bedeutet nicht dasselbe wie die deutsche „Illusion“. Allerdings sollte man sich keine Illusionen (sic) darüber machen, dass sich derartige Sprachveränderungen aufhalten ließen.

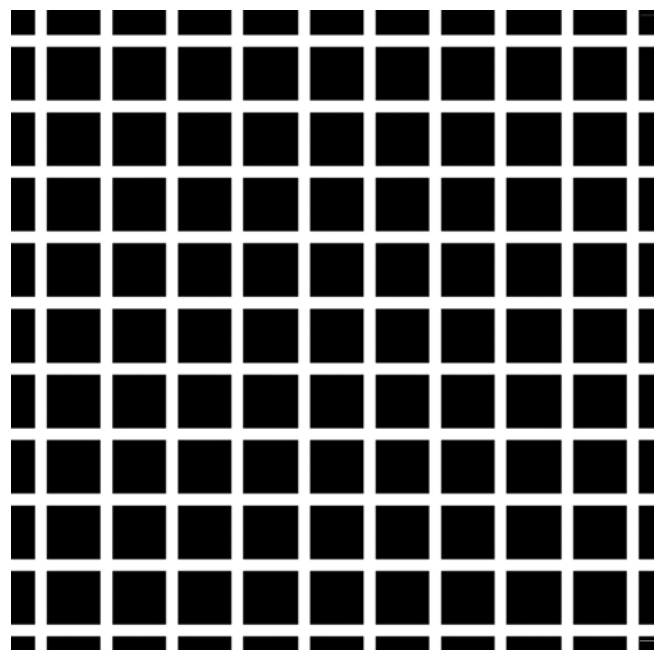
Optische Täuschungen scheinen eine Fehlfunktion unseres Wahrnehmungsapparates anzuzeigen. Muss man sich nicht fragen, ob unseren Augen überhaupt zu trauen ist, wenn wir durch optische Täuschungen „hereingelegt“ werden können? Auf diese Frage gibt es eine überzeugende Antwort, die optische Täuschungen geradezu als sinnvolle Funktion unseres Wahrnehmungsapparates erkennen lässt: Die auf uns einströmende visuelle Information wird im Auge massiv reduziert. So geht z. B. die Tiefeninformation zu einem großen Teil verloren, da auf der Netzhaut von dreidimensionalen Objekten nur eine zweidimensionale Projektion entsteht. Aus dieser reduzierten Information baut unser Wahrnehmungsapparat eine vervollständigende Repräsentation der Au-

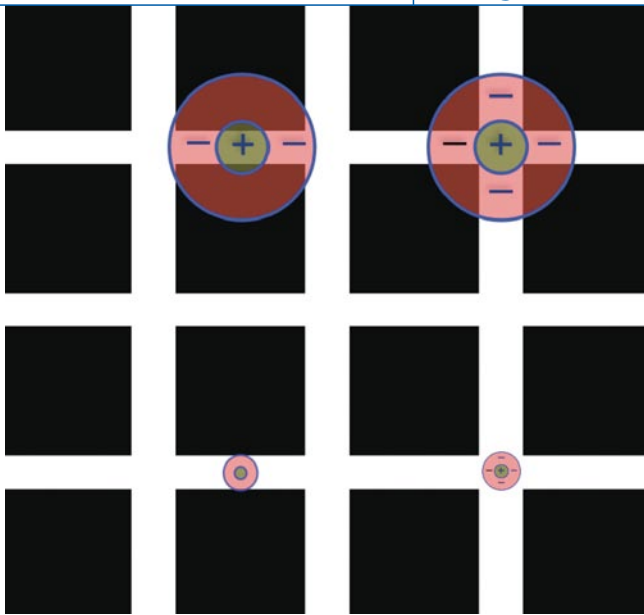
ßenwelt auf. So können wir z. B. auch einen teils verdeckten Stuhl als ganzes Objekt erkennen. Zudem sehen wir den Stuhl in einheitlicher Farbe, selbst wenn er teilweise verschattet ist.

Verlassen wir diese theoretischen Überlegungen und wenden uns aktuellen Entwicklungen im Bereich der optischen Täuschungen zu. Wir erleben hier zwei neue Aspekte: Der eine ist, dass Bewegungen („Animationen“) derzeit mit Rechnerunterstützung viel besser darstellbar sind als noch vor 10 Jahren. Dies hat die Forschung erheblich erleichtert, und so sind in den letzten Jahren eine Reihe neuer Bewegungstäuschungen gefunden worden, z. B. die „motion induced blindness“ ([7]; <<http://michaelbach.de/ot/>

[mot\\_mib/>](http://michaelbach.de/ot/mot_flashlag1/)), der „flash-lag“ ([19]; [http://michaelbach.de/ot/mot\\_flashlag1/](http://michaelbach.de/ot/mot_flashlag1/)) und die „rotating spokes“ ([3]; [http://michaelbach.de/ot/mot\\_spokes/](http://michaelbach.de/ot/mot_spokes/)). Der andere Aspekt ist die durch das Internet vermittelte schnelle und weite Verbreitung neu entdeckter optischer Täuschungen. Hier zeigt das Internet mit seinem „Edutainment“ ein großes Plus für die Volksbildung. Leider kommen auch die Nachteile des Internets zum Tragen: Verflachung, fehlende Quellenangabe und unbelegtes Scheinwissen. Zum Beispiel ist die beeindruckende „snake illusion“ ([14]; [http://michaelbach.de/ot/mot\\_rotsnake/](http://michaelbach.de/ot/mot_rotsnake/)) im Internet zwar an Hunderten von Stellen zu finden, jedoch fast immer ohne Quellenangabe.

**Abb. 1** ► Hermann-Gitter-Täuschung. Bei Betrachtung der Figur fallen graue Flecken an den Kreuzungen auf, die verschwinden, wenn man den Blick direkt auf sie richtet





**Abb. 2** ▲ Klassische Erklärung der Hermann-Gitter-Täuschung: Ganglienzellen, auf deren rezeptives Feldzentrum (grün, mit einem Pluszeichen) eine Kreuzung abgebildet wird (oben rechts), werden an 4 Stellen ihrer Peripherie (rot, mit Minuszeichen) gehemmt, Ganglienzellen, deren rezeptives Feldzentrum auf einer Straße liegt (oben links), jedoch nur an 2 Stellen. Daher melden die Ganglienzellen, deren rezeptives Feldzentrum auf einer Kreuzung liegt, weniger Helligkeit. Wenn man den Blick auf eine Kreuzung richtet (unten rechts), werden die sehr viel kleineren rezeptiven Felder der Foveola genau so gereizt, wie wenn man den Blick auf die Straße richtet (unten links). Das erklärt das Verschwinden der Täuschung an den fixierten Kreuzungen

Eine Reihe von Sehstörungen sind im weiteren Sinne optische Täuschungen, z. B. alle entoptischen Phänomene, physiologische Doppelbilder, das Charles-Bonnet-Syndrom [11, 17] (z. B. nach einer Avastin-Behandlung [18]) sowie die Migräne-Phosphene. Darüber hinaus sind viele Menschen an optischen Täuschungen spontan interessiert, somit eröffnen sie einen weiteren Weg, unsere Patienten zu erreichen, z. B. durch geeignete Darstellungen im Wartebereich.

Die vorliegende Arbeit präsentiert zunächst eine Übersicht über die Hermann-Gitter-Täuschung und ihre klassische Erklärung. Daraufhin wird gezeigt, wie ein einziges Bild enthüllt, dass diese Erklärung mindestens unvollständig ist. Es wird eine neue Deutung angerissen, die auf einem künstlichen neuronalen Netz beruht, und abschließend werden optische Täuschungen in den allgemeinen Rahmen der „Bayes“-Wahrnehmungstheorie eingereiht.

## Die Hermann-Gitter-Täuschung

Ludimar Hermann [12] entdeckte die nach ihm benannte Gitter-Täuschung

(Abb. 1), als er ein Buch von Tyndall über die Klangfiguren betrachtete. Dabei fielen ihm dunkle Flecken zwischen den Bildern auf ([15]; <<http://www.optikum.at/94.htm>>). Fast ein Jahrhundert lang blieb die Täuschung ein Kuriosum für Wahrnehmungspsychologen, bis 1960 Baumgartner [5] eine Erklärung vorschlug, die sich auf Ganglienzellableitungen in der Katze stützte: Das rezeptive Feld vieler Ganglienzellen entspricht einem von oben gesehenen „mexikanischen Hut“: Das Zentrum ist mit einem antagonistischen Umfeld umgeben. Dieses Modell des rezeptiven Feldes sagt voraus, dass eine On-Zentrum-Ganglienzelle an der Kreuzung zweier heller „Straßen“ (Abb. 2) weniger aktiviert wird als entlang der Straßen (Abb. 2), weil das antagonistische Umfeld im Bereich der Kreuzung an 4 Stellen hemmt, entlang der Straßen aber nur an 2 Stellen. Zu dieser Erklärung passt auch, dass die Täuschung verschwindet, wenn man die grauen Flecken fixiert (Abb. 2): Im Zentrum der Netzhaut sind die rezeptiven Felder (entsprechend der dort höheren Sehschärfe) kleiner als in der Peripherie, sodass auch das hemmende Umfeld vollständig in die hel-

len Straßen fällt. Bei schmalere Straßen tritt die Täuschung auch auf, wenn man die Kreuzungen fixiert. Diese Beobachtung wurde benutzt, um die Größe der rezeptiven Felder in Abhängigkeit von der retinalen Exzentrizität zu ermitteln [23].

## Widerlegung der klassischen Erklärung

Über 3 Jahrzehnte blieb die Hermann-Gitter-Täuschung das klassische Lehrbuchbeispiel für die laterale Hemmung in der Netzhaut. Vor kurzem wurde jedoch eine scheinbar geringfügige Variante des Hermann-Gitters angegeben (Abb. 3), die auf einen Blick zeigt, dass die bisherige Erklärung nicht ganz zutreffen kann: Eine Welligkeit der Straßen löscht die Täuschung aus ([9, 10, 13]; unter der Internetadresse <[http://michaelbach.de/ot/lum\\_herGridCurved/](http://michaelbach.de/ot/lum_herGridCurved/)> steht eine Demonstration bereit, mit der die Stärke der Welligkeit beliebig eingestellt werden kann. Nach dem in Abb. 2 skizzierten Erklärungsmodell müssten die dunklen Flecken an den Kreuzungen auch bei gewundenen Straßen auftreten. Aus dem Verschwinden der dunklen Flecken bei Welligkeit der Straßen kann man auch schließen, dass die Hermann-Gitter-Täuschung nicht allein auf der Verarbeitung im Auge beruhen kann, denn erst im primären visuellen Kortex existieren Neurone, welche die Orientierung von Linien berücksichtigen und damit zwischen geraden und gewundenen Linien unterscheiden können.

Wir haben hier eine verblüffende und wissenschaftshistorisch seltene Situation: Ein einziges Bild reicht aus, um ein über Jahrzehnte weitgehend akzeptiertes Erklärungsmodell zu widerlegen (fundierte Zweifel hatte es allerdings schon zuvor gegeben, z. B. [21]). Zwar ist die oben beschriebene Eigenschaft des rezeptiven Feldes der retinalen Ganglienzellen tierexperimentell gut belegt [5]. Jedoch wird jede Kontrastkante durch diese Eigenschaft verstärkt. Bei den im Alltag üblichen Sehobjekten gelingt es unserem Wahrnehmungssystem, auf der Basis der kontrastverstärkten Ganglienzellinformation eine helligkeitsadäquate Wahrnehmung aufzubauen. Das eigentliche Problem ist jedoch, warum dieser Prozess bei der Hermann-Gitter-Täuschung irregeleitet wird

und die Welligkeit ausreicht, um wieder eine korrekte Helligkeitswahrnehmung zu ermöglichen.

Es gibt eine dem Hermann-Gitter ähnliche, stärkere Täuschung, das „szintillierende Gitter“ (■ **Abb. 4**; [22]). Darin sind die Flecken an den Kreuzungen so stark ausgeprägt, dass sie bei Sakkaden geradezu aufblitzen. Auch diese Täuschung verschwindet, wenn die Linien gewunden sind (■ **Abb. 4**; [16]). Dies lässt vermuten, dass die Täuschung am szintillierenden Gitter mit der am Hermann-Gitter eng verwandt ist.

### Neue Erklärung

Ein neues Modell von Corney und Lotto [8], basierend auf einem künstlichen neuronalen Netz, erklärt nicht nur die Hermann-Gitter-Täuschung, sondern auch weitere Helligkeitstäuschungen, wie z. B. die White-Täuschung ([http://michaelbach.de/ot/lum\\_white/](http://michaelbach.de/ot/lum_white/)). Künstliche neuronale Netze [24, 27] sind Verschaltungen künstlicher Neurone, wobei es weniger um das Nachbilden realer biologischer neuronaler Netze als um eine Abstraktion der Informationsverarbeitung geht. Aus einer Vielzahl von Eingangsinformationen kann ein solches Netz nach entsprechendem „Training“ korrekte Entscheidungen treffen. Letztlich liegt dabei eine komplexe nichtlineare Optimierung vor, und die Optimierung des Lernens, bzw. des Trainings ist ein Gebiet der Informatik. Künstliche neuronale Netze werden bereits breit angewendet, z. B. in der Glaukomdiagnostik [6].

Das neuronale Netzwerk von Corney und Lotto besteht aus 400 Eingangsneuronen (jedes für ein Bildpixel), 4 Zwischenneuronen und einem Ausgangsneuron. Diesem künstlichen Netzwerk „lehrten“ die Autoren Helligkeitskonstanz. Unter Helligkeitskonstanz versteht man eine wichtige Fähigkeit unseres Sehsystems, die darin besteht, Helligkeitsunterschiede innerhalb einer Szene im Interesse der Objekterkennung richtig zu deuten, unabhängig von der Beleuchtung. Dies gilt auch, wenn die Beleuchtung lokal variiert, wie z. B. wenn Schatten auftreten [1]. Die Helligkeitskonstanz wird an der „Checker shadow“-Täuschung anschaulich (■ **Abb. 5**; [1]).

## Zusammenfassung · Abstract

Ophthalmologie 2008 · 106:913–917 DOI 10.1007/s00347-008-1845-5  
© Springer Medizin Verlag 2008

M. Bach

### Die Hermann-Gitter-Täuschung: Lehrbucherklärung widerlegt

#### Zusammenfassung

Das Hermann-Gitter bietet eine optische Täuschung, bei der in einem Gittermuster die Kreuzungspunkte eine scheinbare Aufhellung bzw. Verdunklung erfahren, die verschwindet, wenn man die Kreuzungspunkte fixiert. Schon vom Entdecker, Ludimar Hermann (1838–1914), wurde die Täuschung als Hinweis auf Nachbarschaftswchselwirkungen in der Netzhaut interpretiert, und unter dem Stichwort „laterale Hemmung“ erscheint die Täuschung in den meisten Physiologie-Lehrbüchern. Die vorliegende Arbeit fasst neueste Erkenntnisse zusammen, die zeigen, dass die bisherige Interpretation der Täuschung zumindest unvollständig war. Im Jahre 2004 wurde eine scheinbar belanglose Modifikation des Hermann-Gitters vorgestellt, eine leichte Welligkeit der Gitterlinien; dies bringt die Helligkeitstäuschung zum Verschwinden. Im Jahr 2007 erschien ei-

ne überzeugendere Erklärung auf der Basis eines künstlichen neuronalen Netzes, dem Helligkeitskonstanz „beigebracht“ worden war. (Unter Helligkeitskonstanz versteht man die dem Menschen eigene Fähigkeit, Helligkeitsunterschiede im Interesse der Objekterkennung richtig zu deuten, unabhängig von der Beleuchtung.) Nachdem das Netz diese Fähigkeit gelernt hatte, unterlag es „von alleine“ einer Reihe optischer Täuschungen, so auch der am Hermann-Gitter. Eine Analyse der Kopplungskonstanten dieses künstlichen neuronalen Netzes könnte zu einem vollständigen Verständnis dieser Täuschung führen.

#### Schlüsselwörter

Optische Täuschung · Laterale Hemmung · Helligkeitskonstanz · Physiologie · Psychophysik

### The Hermann grid illusion: the classic textbook interpretation is obsolete

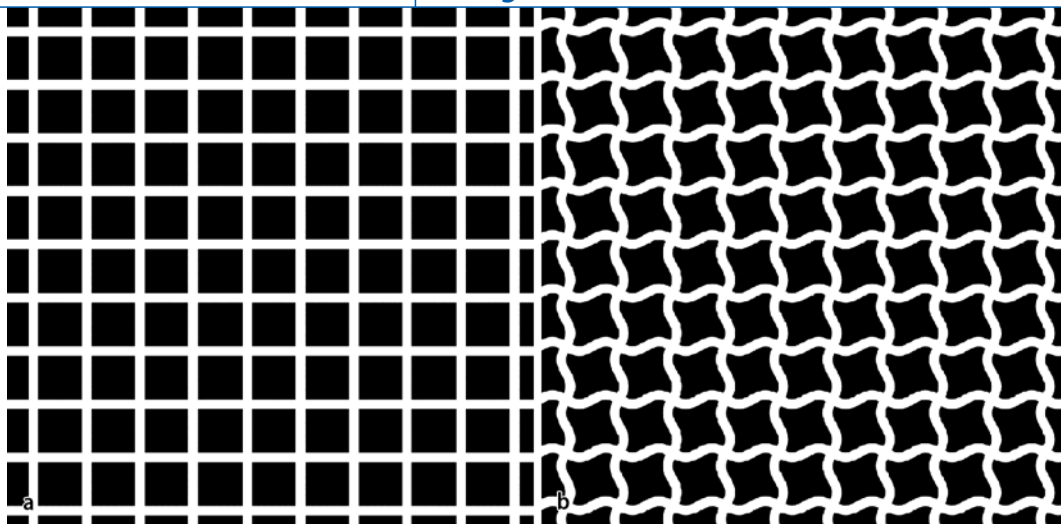
#### Abstract

The Hermann grid is an optical illusion in which the crossings of white grid lines appear darker than the grid lines outside the crossings. The illusion disappears when one fixates the crossings. The discoverer, Ludimar Hermann (1838–1914), interpreted the illusion as evidence for lateral connections in the retina. In most textbooks on sensory physiology and ophthalmology, the Hermann grid illusion serves to illustrate “lateral inhibition.” This paper summarises new findings that show that the classic explanation is incomplete. In 2004, a seemingly subtle modification, a small undulation of the grid lines, was shown to demolish the illusion. In 2007, a more convincing explanation appeared: An artificial neural

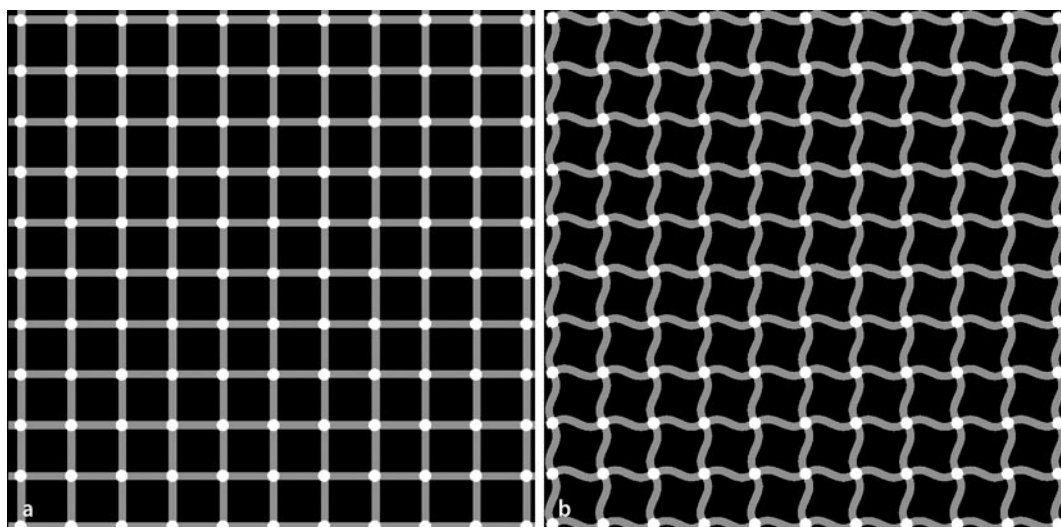
network was trained for “lightness constancy” – the ability of our visual system to interpret luminance in the interest of object recognition, independent of illumination. After having learned lightness constancy, the network was subjected to a number of lightness illusions, among them the Hermann grid illusion. An analysis of the coupling constants of this neural network promises to further our understanding of the Hermann grid illusion.

#### Keywords

Optical illusion · Lateral inhibition · Lightness constancy · Physiology · Psychophysics



**Abb. 3** ◀ Die dunklen Flecken in den Kreuzungen des Hermann-Gitters (*links*) verschwinden, wenn die Straßen gewunden sind (*rechts*). Das Verschwinden ist mit der Erklärung, die auf den Eigenschaften der rezeptiven Felder der retinalen Ganglienzellen beruht, nicht zu verstehen



**Abb. 4** ◀ Links: Das „szintillierende Gitter“. An den Kreuzungen befinden sich weiße runde Scheiben. Moduliert durch Blicksakkaden blitzen jedoch dunkle Flecken an den Kreuzungsstellen auf. Wie beim Hermann-Gitter verschwindet auch diese Täuschung, wenn die Straßen gewunden sind

Nachdem das Netz Helligkeitskonstanz gelernt hatte, unterlag es „von alleine“ einer Reihe von optischen Täuschungen, so auch der am Hermann-Gitter. Eine solch breite Gültigkeit ist wünschenswert, denn zum Verständnis unseres Sehsystems sollte es nicht nötig sein, für Täuschungen spezielle Mechanismen zu fordern [9].

Ein Problem des auf einem künstlichen neuronalen Netzes beruhenden Modells liegt darin, dass es nur eine sehr abstrakte Erklärung bietet. Das Modell liefert zwar Helligkeitskonstanz und unterliegt dabei optischen Täuschungen, aber man versteht eigentlich nicht, warum: Das Netz wird vollständig durch seine Kopplungskonstanten beschrieben, einer langen Liste von Zahlen (hier über 1000) zwischen  $-1$  und  $+1$ . Eine Aufzählung dieser Zahlen ist noch nicht das, was wir unter „Verstehen“ verstehen. Dennoch sollte uns eine Analyse der Kopplungskonstanten des

neuronalen Netzwerks zu einem tieferen Verständnis von Helligkeitstäuschungen führen können.

### Täuschungen als Teil der normalen Wahrnehmung

Dass ein künstliches neuronales Netz optischen Täuschungen unterliegt, nachdem es Helligkeitskonstanz gelernt hat, passt gut zu der bayesschen Theorie der Wahrnehmung: Auf der Basis unvollständiger Eingangsinformation konstruiert unser Wahrnehmungssystem eine interne Repräsentation, innerhalb der dann z. B. Handlungen geplant werden können. Die Bayes-Statistik ist entwickelt worden, um Vorwissen in Wahrscheinlichkeitsaussagen einzubeziehen, was offenbar unser Sehsystem auch macht [26]. Ausgehend von der Erfahrung mit allen bisher angetroffenen Szenen entscheidet sich un-

ser Wahrnehmungsapparat für die wahrscheinlichste Variante. Die Deutung aus dem Erfahrungsschatz ist in unserem Sehsystem ziemlich fest „verdrahtet“. Allerdings müssen wir bei dieser – in aller Regel sinnvollen – Automatik in Kauf nehmen, dass atypische Sehsituationen, in denen die wahrscheinlichste Interpretation nicht mit der Wirklichkeit übereinstimmt, zu optischen Täuschungen führen. Die wirkungsvollsten Täuschungen sind „kognitiv undurchdringlich“ [20]: Auch wenn wir genau wissen, dass die Wahrnehmung falsch ist, lässt sie sich selbst durch Training nicht ändern. Wahrnehmungstäuschungen können ernsthafte Folgen haben. So sind Zeugenaussagen problematisch, v. a., wenn das Geschehen unter suboptimalen Sehbedingungen oder unter Zeit- bzw. Ereignisdruck beobachtet worden war. Ein konkretes Beispiel: Schiedsrichterentscheidungen über den Auftreff-



punkt des Tennisballs können der „Flash-Lag“-Täuschung unterliegen [4].

Wenn unser Wahrnehmungssystem also auf Wahrscheinlichkeiten aufbaut, ist klar, dass gelegentlich ein Irrtum auftreten muss. Würde der Irrtum oft vorkommen und lebensrelevant sein, dann änderte sich die in die Statistik eingehende Seherfahrung, und die Täuschung verschwände.

Obwohl ich mich viel mit den optischen Täuschungen beschäftigt habe, funktionieren sie bei mir noch alle, und andererseits nehme ich die normale Umwelt noch unverzerrt wahr. Der Leser braucht also nicht zu befürchten, dass ihm das Betrachten der hier abgebildeten optischen Täuschungen die Freude an der alltäglichen Sinneserfahrung verdirbt.

## Fazit für die Praxis

**Optische Täuschungen sind nicht nur unterhaltsam, ja faszinierend, sondern auch für unsere Patienten relevant: Es gibt Sehstörungen, die im weiteren Sinne optische Täuschungen sind, z. B. entoptische Phänomene, physiologische Doppelbilder und das Charles-Bonnet-Syndrom.**

**Die Beschäftigung mit optischen Täuschungen, hier mit der am Hermann-Gitter, verbindet die spielerische Freude an unserem Sehen mit der Möglichkeit, den Sehvorgang tiefer zu verstehen.**

## Korrespondenzadresse

**Prof. Dr. M. Bach**

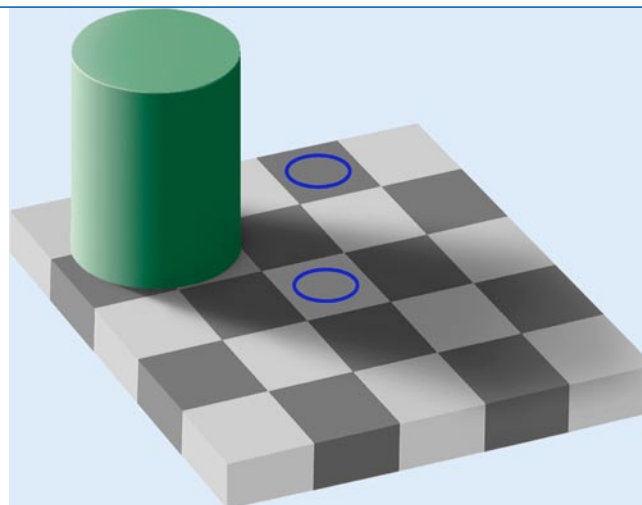
Univ.-Augenklinik Freiburg  
Killianstraße 6, 79106 Freiburg  
michael.bach@uni-freiburg.de

**Danksagung.** Ich danke Herrn Guntram Kommerell für wertvolle Anregungen bei der Abfassung des Manuskripts.

**Interessenkonflikt.** Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Literatur

- Adelson EH (1995) [http://michaelbach.de/ot/lum\\_adelsonCheckShadow/](http://michaelbach.de/ot/lum_adelsonCheckShadow/)
- Adelson EH (2000) *Lightness Perception and Lightness Illusions*. MIT Press, Cambridge MA
- Anstis SM (2003) Levels of motion perception. In: Harris L, Jenkin M (eds) *Levels of perception*. cv, New York, pp 75–99



**Abb. 5 ▲** „Checker-Shadow“-Täuschung (nach [1], mit freundlicher Genehmigung). Das zweidimensionale Bild wird als ein dreidimensionales Schachbrett interpretiert, auf dem links eine Säule steht, deren Schatten von einer links oben befindlichen Lichtquelle auf das Schachbrett fällt. Zwei Felder sind blau eingekreist. Welches der beiden ist heller? Ohne jedes Unsicherheitsgefühl wird man antworten: das Untere. Doch tatsächlich ist die Leuchtdichte der beiden Felder gleich. (Der Leser möge sich davon überzeugen, indem er die Felder mit Papierstreifen so abblendet, dass sie nicht mehr Teil der Szene sind, sondern isoliert beurteilt werden können.) Unser Sehsystem berücksichtigt bei der Frage „was ist heller“ die gesamte Szene inklusive Schatten und sagt uns sinnvollerweise nicht, wie viele Photonen von der Fläche abgegeben werden. Übrigens haben auch die blauen Kreise objektiv denselben Farbton

4. Baldo MV, Ranvaud RD, Morya E (2002) Flag errors in soccer games: the flash-lag effect brought to real life. *Perception* 31: 1205–1210
5. Baumgartner G (1960) Indirekte Größenbestimmung der rezeptiven Felder der Retina beim Menschen mittels der Hermannschen Gittertäuschung. *Pflügers Arch ges Physiol* 272: 21–22
6. Bizios D, Heijl A, Bengtsson B (2007) Trained artificial neural network for glaucoma diagnosis using visual field data: a comparison with conventional algorithms. *J Glaucoma* 16: 20–28
7. Bonneh YS, Cooperman A, Sagi D (2001) Motion-induced blindness in normal observers. *Nature* 411: 798–801
8. Corney D, Lotto RB (2007) What are lightness illusions and why do we see them? *PLoS Comput Biol* 3: 1790–1800
9. Geier J, Bernáth L, Hudák M, Séra L (2008) Straightness as the main factor of the Hermann grid illusion. *Perception* 37: 651–665
10. Geier J, Séra L, Bernáth L (2004) Stopping the Hermann grid illusion by simple sine distortion. *Perception* 33: 53
11. Hedges TR jr (2007) Charles Bonnet, his life, and his syndrome. *Surv Ophthalmol* 52: 111–114
12. Hermann L (1870) Eine Erscheinung simultanen Contrastes. *Pflügers Arch ges Physiol* 3: 13–15
13. Howe PD, Livingstone MS (2007) The use of the cancellation technique to quantify the Hermann grid illusion. *PLoS ONE* 2: e265
14. Kitaoka A (2003) Phenomenal Characteristics of the peripheral drift illusion. *VISION* 15: 261–262
15. Lingelbach B, Ehrenstein W (2002) Das Hermann-Gitter und die Folgen. *Dtsch Optikerzeitung* 5: 13–20
16. Lingelbach B, Ehrenstein W (2004) Neues vom Hermann-Gitter. *Dtsch Optikerzeitung* 10: 10–12
17. Menon GJ, Rahman I, Menon SJ, Dutton GN (2003) Complex visual hallucinations in the visually impaired: the Charles Bonnet Syndrome. *Surv Ophthalmol* 48: 58–72
18. Meyer CH, Mennel S, Horle S, Schmidt JC (2007) Visual hallucinations after intravitreal injection of bevacizumab in vascular age-related macular degeneration. *Am J Ophthalmol* 143: 169–170
19. Nijhawan R (1994) Motion extrapolation in catching. *Nature* 370: 256–257
20. Pylyshyn Z (1999) Is vision continuous with cognition? The case for cognitive impenetrability of visual perception. *Behav Brain Sci* 22: 341–365; discussion 366–423
21. Schiller PH, Carvey CE (2005) The Hermann grid illusion revisited. *Perception* 34: 1375–1397
22. Schrauf M, Lingelbach B, Wist ER (1997) The scintillating grid illusion. *Vision Res* 37: 1033–1038
23. Spillmann L (1994) The Hermann grid illusion: a tool for studying human perspective field organization. *Perception* 23: 691–708
24. Übeyli E (2007) Comparison of different classification algorithms in clinical decision-making. *Expert Systems* 24: 17–34
25. von Helmholtz H (1911) *Handbuch der physiologischen Optik*. Leopold Voss, Hamburg/Leipzig
26. Weiss Y, Simoncelli EP, Adelson EH (2002) Motion illusions as optimal percepts. *Nat Neurosci* 5: 598–604
27. Wikipedia (2008) Künstliches neuronales Netz. Retrieved 2008–08–04, from <[http://de.wikipedia.org/wiki/Künstliches\\_neuronales\\_Netz](http://de.wikipedia.org/wiki/Künstliches_neuronales_Netz)>