

Homepage W.A. Kreiner

(Früher Abteilung Chemische Physik)

Universität Ulm

1 Laser-Seitenbandspektroskopie

2 Skript /Entropie

2 Information und Wahrnehmung

6 Die Häufigkeit von Anfangsziffern / Statistische Fraktale

Alltagsphänomene

Laser-Seitenbandspektroskopie

Bei diesem Verfahren wird ein Laserstrahl mit Hilfe eines elektrooptischen Effekts mit Mikrowellenfrequenzen (von 12 - 18 GHz) moduliert. Man erhält, zusätzliche zur Laserfrequenz, zwei Modulationsseitenbänder. Damit kann ein CO₂-Laser quasi-durchstimmbar gemacht werden. Die absolute Messgenauigkeit liegt in der Größenordnung von 10 kHz. Die relativ kleine Leistung von einigen 100 μ W reicht aus, um im Infrarotspektrum einiger Moleküle in der Gasphase Sättigungsdips zu beobachten und sub-Doppler-Auflösung zu erzielen. Damit konnten z.B. Starkeffekt-Komponenten an Molekülen mit Tetraeder-Symmetrie aufgelöst und deren sehr kleines Dipolmoment gemessen werden (Deuteromethan, CD₄ und ¹³CD₄, Silan, SiH₄, und German, GeH₄). An Q-Zweigen zeigt sich der Vorteil der Sättigungsspektroskopie besonders deutlich (PF₅). Am IR-Spektrum von Molekülen mit C₃-Symmetrie konnten Linienaufspaltungen aufgrund einer Rotations-Schwingungs-Wechselwirkung beobachtet werden (Phosphan, PH₃, Arsan, AsH₃, and NF₃). Die spektrale Breite dieser Strahlungsquelle ist noch kleiner als die eines Molekülstrahls, so dass dessen Breite gemessen werden konnte. Es wurden auch schwach gebundene Molekülkomplexe im IR

untersucht (NCH-NH₃, Ar-NH₃). Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass es sich um eine direkte Frequenzmessmethode handelt. So wurde damit im Sichtbaren der Abstand einer Jodlinie von einer anderen (frequenzgenau bekannten) Linie bestimmt, ohne Wellenlängenmessung mit einem Etalon.

Literatur am Ende der Seite.

Vorlesungsskript

[Entropie](#) ist ein Maß für die Anzahl der unterschiedlichen Möglichkeiten, auf die etwas gleich sein kann.

Information und Wahrnehmung



Unter den vielen Wahrnehmungstäuschungen sind die des Sehsinns wohl die bekanntesten. Im Gegensatz zu den optischen Täuschungen (z.B. eine Fata Morgana oder Lichtbrechungseffekte an der Sonne, die man fotografieren kann), gibt es bei den echten Sinnestäuschungen kein apparatives Beobachtungs- oder Messverfahren, das zum selben Ergebnis käme wie die Wahrnehmung. Sie sind ein Produkt des visuellen Systems.

Trotzdem kann man die Frage stellen, ob nicht grundlegende und naturwissenschaftlich deutbare Gesetzmäßigkeiten dahinterstehen, so z.B. das Bestreben, die aufgenommene Information zu optimieren. Außerdem fällt auf, dass geometrische Muster Täuschungen dann optimal auslösen, wenn sie ganz bestimmte Formen und grafische Eigenschaften aufweisen (Müller-Lyer, Ebbinghaus, Münsterberg) oder dass die Sonne meist dann besonders groß wahrgenommen wird, wenn sie tief rot erscheint (nachgemessen oder fotografiert ist sie immer nahezu gleich groß).

Daraus folgt eine weitere Frage: Gibt es objektiv, also mit naturwissenschaftlichen Mitteln, messbare Parameter, die das Auftreten einer Wahrnehmungstäuschung auslösen, also einen im visuellen System vorhandenen Mechanismus triggern können?

On Perceived Size



Mondphänomen / Moon illusion

Davon gibt es zwei: Meist meint man damit die Beobachtung, dass Mond, Sonne und auch Sternbilder am Horizont etwa zwei bis dreimal so große aussehen wie hoch am Himmel. Das zweite Phänomen besteht darin, dass Himmelskörper am Horizont manchmal noch viel größer erscheinen als sonst, sogar an derselben Stelle, an der über Wochen und Monate nichts Auffallendes an ihrer Größe zu bemerken war.

Visuelle Wahrnehmung – Größenvergleich von Himmelsobjekten mit terrestrischen Objekten

Im Zusammenhang mit den Deutungsversuchen des Mondphänomens wird auch die Meinung vertreten, das visuelle System orientiere sich bei der Größenwahrnehmung von Himmelskörpern an irdischen Objekten, die am Horizont sichtbar sind. Ein Größenvergleich mit weit entfernten Häusern oder Bäumen lasse dann den Mond relativ groß erscheinen. Hoch am Himmel fehlen diese Objekte, deshalb komme dieser Effekt nicht zum Tragen und der Mond wirke klein.

Voraussetzung dafür, dass man dem Mond eine ganz bestimmte Größe im Sinn eines irdischen Objekts zuschreiben kann, ist ein Lernvorgang, bei dem der Mond mehrmals in der Nähe derselben Objekte in immer derselben Größenrelation gesehen wird. Lebte man als Mönch am Berg Athos, hätten aus einer kleinen Zelle nur durch einen schmalen Spalt den Blick auf das Meer und würde lediglich eine kleine Insel wahrnehmen und dahinter an manchen Tagen den Mond: Dann könnte man mit der Zeit die Vorstellung entwickeln, der Mond sei gerade doppelt so groß wie der einzige Olivenbaum auf dem Felsklotz, da sich die Größenrelation von Himmelskörper und irdischem Objekt nie verändert. Aber schon ein fallweise vorbeifahrendes Fischerboot kann die Größenillusion stören, da es je nach Entfernung den Mond unterschiedlich groß erscheinen ließe.

Aus diesem variablen Größeneindruck durch die Perspektive folgt ein anderer Erklärungsversuch: Je weiter der Horizont entfernt ist, desto kleiner sieht man – nämlich proportional zum Netzhautbild – die irdischen Objekte und desto größer wirke, an diesen gemessen, der Mond. Hier hat man die Vorstellung aufgegeben, der Mond habe eine bestimmte Größe in dem Sinn, wie man sie von terrestrischen Objekten hat. Wenn man den Mond bei unterschiedlichen Gelegenheiten betrachtet, sieht man ihn über einem anderen Horizont, hat andere Vergleichsobjekte und diese in anderer Entfernung. Nur: Eine eindeutige oder gar ausschließliche Abhängigkeit des Größeneindrucks von der Horizontentfernung ließ sich bisher in der Natur nicht ausmachen. Und manches spricht auch dagegen. Ein Mond zwischen einer nahen Buche und einer fernen Fichte müsste in zwei ganz unterschiedlichen Größen erscheinen.

Gut durch Versuche belegt ist dagegen der Effekt der Sehgrößenkonstanz (Size constancy): Ein Gegenstand, der sich vom Beobachter entfernt, wird mit zunehmender Distanz zwar kleiner gesehen, aber nicht streng nach den Gesetzen der Perspektive: In der Wahrnehmung nimmt die Größe nicht so stark ab wie das Netzhautbild. Mit Hilfe von Vergleichsexperimenten wurden auch Verlaufskurven der wahrgenommenen Größe aufgenommen, mit Objekten mit Durchmessern von Dezimetern bis Metern und über Entfernungen von wenigen Metern bis zu mehreren hundert Metern. In vertikaler Blickrichtung ist der Effekt nicht so stark wie horizontal oder beim Blick nach unten.

Beim Mond ist das Netzhautbild immer gleich groß. Kann aber ein Objekt vor dem Mond, etwa ein Baum, dessen wahrgenommenen Größe beeinflussen? Und zwar so, dass man den Monddurchmesser in Vielfachen der geschätzten Größe des Baums sieht?

Warum nicht? Aber im Alltag ist es die Vielfalt unterschiedlich großer Objekte und Entfernungen, die ein Problem in der Größenbeurteilung auslösen: Ein großer Baum an einem Horizont in 10 km Entfernung wirkt winzig, kaum mehr wahrnehmbar. Dies müsste den Mond groß erscheinen lassen, wenn man seinen Durchmesser in Vielfachen der Baumhöhe sähe. Derselbe Baum in der Nähe müsste den Mond klein erscheinen lassen. Fährt man mit der Bahn und sieht das Himmelsobjekt in rascher Folge einmal über einem Horizont in großer Entfernung und dann hinter einer nahen Reihe von Büschen, dann müsste dessen wahrgenommene Größe sich sprunghaft ändern. Das wird nicht beobachtet.

Eine Alternative besteht darin, bei der Überlegung zur subjektiv wahrgenommenen Größe nicht den Umweg über die physikalische Entfernung von Objekten und deren geschätzte wirkliche Größe zu nehmen, sondern das zu betrachten, was dem visuellen System unmittelbar zur Verfügung steht: Die Größe der Bilder auf der Retina und das Kriterium der Informationsdichte. Nach einer Gesetzmäßigkeit, die aller Datenverarbeitung zu Grunde liegt, kann hohe Informationsdichte nur aufgelöst werden, wenn der Bildumfang eingeschränkt wird. Auf das visuelle System übertragen: Es befasst sich, sollen feine Strukturen erkannt werden, mit einem kleineren Bildausschnitt. Aus der Annahme, dass dieser Ausschnitt durch das visuelle System auf ein immer gleich großes inneres Wahrnehmungsformat projiziert wird, folgt eine Art Zoom-Effekt. Dazu können weit entfernte Bäume durchaus beitragen. Aber nur, wenn sie scharfe, auflösbare Strukturen zeigen. Das ist bei kontrastreichen Silhouetten der Fall. Auch das Interesse am Objekt spielt eine Rolle, was horizontaler Richtung meist auch gegeben ist. Die Kleinheit aufgrund der großen Entfernung eines Objekts allein tut es nicht. Beim Blick nach oben wird ein größerer Bereich erfasst, das macht den Mond klein. Und ebenso zwanglos fügt sich dann auch die Beobachtung ein, dass schärfere Konturen Mond und Sonne immer größer machen, ob der Horizont nun weit entfernt ist oder nicht.

Arbeiten dazu sind das [Mondphänomen / Moon illusion](#) sowie

[Sonne, Mond und Ursa Major](#).

[Geometrisch-optische Wahrnehmungstäuschungen](#) können durch mathematische Funktionen systematisch beschrieben werden.

[Zoomed Paintings](#) gibt Beispiele dafür, wie Künstler schon immer die Wirklichkeit so dargestellt haben, als hätten sie sie durch ein Weitwinkel- oder ein Teleobjektiv betrachtet.

Die Häufigkeit von Anfangsziffern

in Tabellen mit statistischen und naturwissenschaftlichen Daten

Es ist eine leicht nachprüfbare Tatsache, dass in Tabellen mit statistischen und naturwissenschaftlichen Daten die erste Ziffer viel häufiger eine Eins ist als eine Neun. Newcomb postulierte 1881, dass bei zufallsverteilten Daten nicht die Zahlen selbst, sondern deren Logarithmen gleichverteilt seien. Danach ist die Eins etwa 6,5 Mal häufiger an erster Stelle anzutreffen als die Neun. Benford prüfte dies später an über 20 000 Zahlen nach.

Die Häufigkeit der ersten Ziffern kann aus der Dichtefunktion $D(X)$ der vorliegenden Zahlenmenge abgeleitet werden. Sie gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der bei einem Element der Menge ein Parameter gerade die Größe X hat. Es gibt Mengen, für die das Newcomb-Benford Gesetz exakt erfüllt ist. Bei diesen ist die Dichtefunktion $\sim X^{-1}$ (Die Anzahl der Elemente nimmt also mit abnehmender Größe X zu oder mit wachsendem X ab). Diese Funktion ergibt sich aus der Annahme, dass die Elemente der Menge exponentiell wachsen. Einkommen, Steuern und Aktienkurse fallen in diese Kategorie. Hingegen folgt die Gesetzmäßigkeit, die man erhält, wenn man die Häufigkeit der Bruchstücke eines Minerals gegen deren Gewicht aufträgt, einer anderen Potenzfunktion. Das Ergebnis ist ein noch extremeres Verhältnis der Anfangsziffern als nach der Newcomb-Hypothese.

Da die Funktion $D(X)$ über viele Größenordnungen von X dieselbe bleibt, spricht man von statistischen Fraktalen.

[Newcomb-Benford hypothesis](#)

Alltagsphänomene

Hier wird der [Teeblättereffekt](#) behandelt, dann die Frage, weshalb die [Milch](#) nicht überkocht, wenn man einen Teller umgedreht in den Topf legt, die [Wölbung](#) der Wasseroberfläche am Bodensee oder Funktionen, die das Wirtschafts- wie auch das Bakterien[wachstum](#) beschreiben.

Lit. zu "Seitenbandspektroskopie"

Resolution of the Linear Stark Effect in the ν_4 Fundamental of $^{13}\text{CD}_4$.
G. Magerl, W. Schupita, L. Jörissen, and W.A. Kreiner.
J. Mol. Spectrosc. **131**, 201-205 (1988).

Prediction and Observation of the Nonlinear Stark Effect in the ν_3 Band
of SiF_4 , M. P. Coquard, M. Loëte, A. Ainetschian, and W.A. Kreiner.
J. Mol. Spectrosc. **170**, 251-265 (1995).

Double Modulation Sideband Spectroscopy: μ_0 , μ_{24} , and μ_{44} of $^{28}\text{SiH}_4$.
W. Höhe, A. Ainetschian, and W.A. Kreiner.
J. Mol. Spectroscopy **153**, 316-323 (1992), and literature therein.

Resolution of the Q Branch in the ν_3 Fundamental of PF_5 . H. Prinz and
W.A. Kreiner.
J. Mol. Spectrosc. **137**, 204-214 (1989).

The ν_2/ν_4 Diad of PH_3 . A. Ainetschian, U. Häring, G. Spiegl, and W.A.
Kreiner.
J. Mol. Spectrosc. **181**, 99-107 (1996).

Saturation Spectrum of the ν_2/ν_4 Dyad of AsH_3 . G. Spiegl and W.A.
Kreiner.
J. Mol. Spectrosc. **187**, 142-152 (1998).

Analysis of the ν_1 fundamental of NF_3 combining FT and laser side-
band saturation spectroscopy. A secondary standard for the 1000 -1060
 cm^{-1} region.
W. Höhe, U. Häring, W.A. Kreiner, H.Essig, and A. Ruoff.
Can. J. Phys. **72**, 1051-1059 (1994).

Optothermal-Detected Microwave-Sideband CO_2 -Laser Spectroscopy
of NCH-NH_3 . G.T. Fraser, A.S. Pine, W.A. Kreiner, and R.D. Suenram.
Chem. Phys. **156**, 523-531 (1991).

Side-band spectroscopy in the visible with a tunable modulator. U.
Häring, W.A. Kreiner, G. Magerl, and W. Schupita,
Can. J. Phys. **73**, 452-457 (1995).