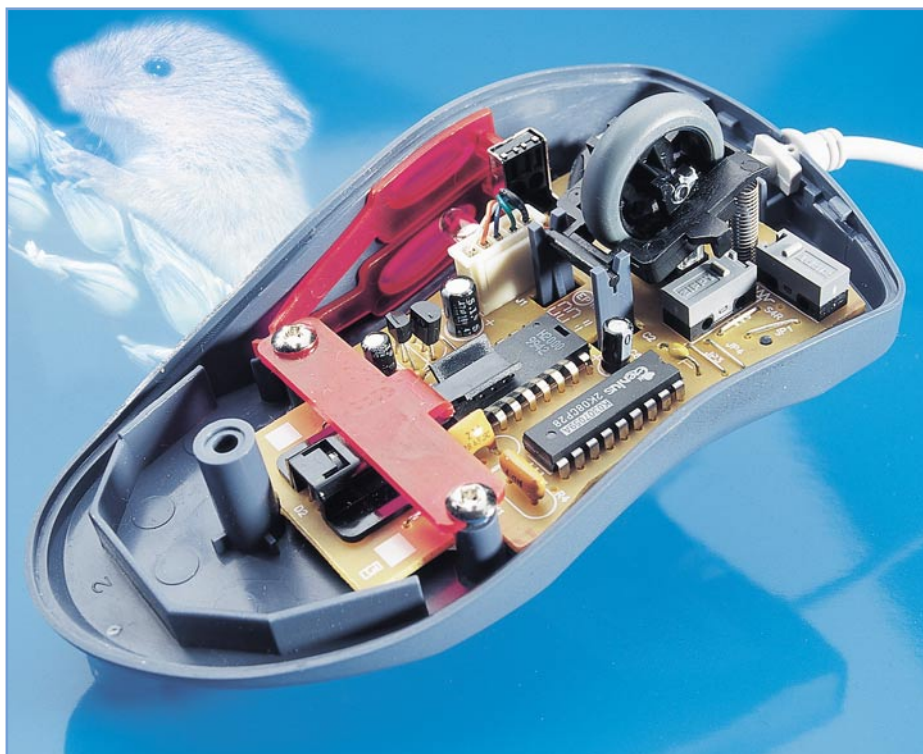


# Optische Maussensoren



**Moderne Computer-Mäuse arbeiten anstatt mit der altbekannten Rollkugel mit optischen Sensoren und kommen ohne mechanisch bewegliche Komponenten aus. Wie die sogenannte „optische Navigation“ funktioniert beschreibt dieser Artikel.**

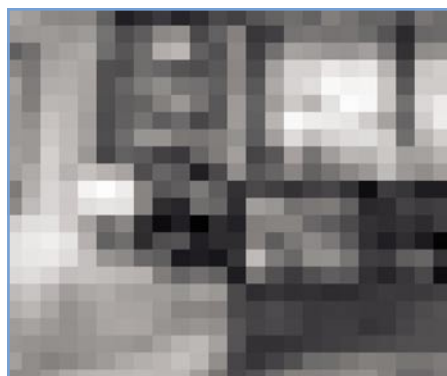
## Allgemeines

Heute ist in nahezu jedem Haushalt zumindest eine Computermaus zu finden. Nach wie vor arbeiten die weitaus meisten PC-Mäuse mit einer mechanischen Rollkugel, deren Bewegungen in zwei Achsen mit Hilfe von Lichtschranken registriert werden. Auch wenn dabei optoelektronische Bauelemente im Spiel sind, handelt es sich nicht um die sogenannten optischen Mäuse.

Um durch Bewegungen der Maus gleichmäßige Rollbewegungen der Kugel an der Maus-Unterseite zu erhalten, ist die Beschaffenheit der Oberfläche, auf der die Maus bewegt wird, wichtig. Zu glatte Oberflächen verursachen ein Durchrutschen der Kugel und führen somit zur ungleichmäßigen Navigation.

Die sichere Erfassung der Bewegungen ist nur dann möglich, wenn als Untergrund ein Mousepad verwendet wird.

Moderne Computer-Mäuse arbeiten heute auf optoelektronischer Basis und kom-



men völlig ohne mechanisch bewegliche Teile und ohne Mousepad aus. Derartige Systeme können zweidimensionale Bewegungen auf nahezu jedem Untergrund mit hoher Präzision erfassen, sind unempfindlicher gegenüber Verschmutzung und ermöglichen eine hohe Auflösung und somit weitaus präzisere Navigation als mit einer mechanischen Wegmessung.

Zur Realisierung einer derartigen Maus sind jedoch hochintegrierte Sensor-Schaltkreise erforderlich. Der Pionier und wohl bekannteste Hersteller von optischen Navigations-Sensoren ist die amerikanische Firma Agilent. Unter der Bezeichnung ADNS-2051 steht ein Baustein zur Verfügung, in dem sämtliche Baugruppen inkl. einer High-Speed-Miniaturkamera integriert sind.

Die optische Navigation basiert darauf, dass von dem Untergrund, auf dem die Maus bewegt wird, mikroskopische Ausschnitte (sogenannte frames) mit Hilfe der CMOS-Miniaturkamera und einer speziellen Optik aufgenommen werden. Der Erfassungsbereich beträgt dabei 16x16 Pixel mit einer Auflösung von 64 Graustufen. Durch Vergleich der frames wird dann die Bewegung der Maus ermittelt.

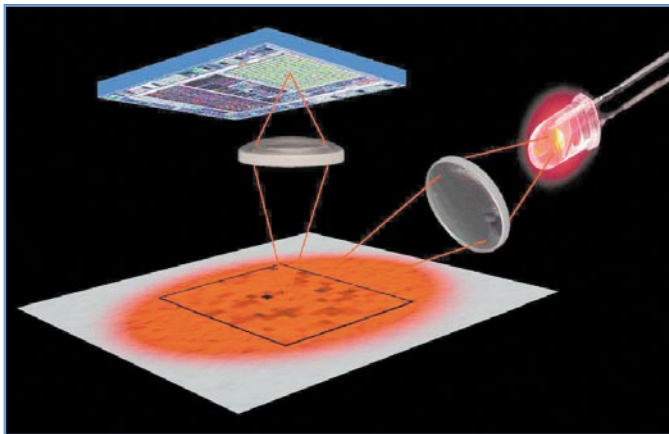
An die Beschaffenheit der Oberfläche werden keine hohen Anforderungen gestellt. So wird in den meisten Anwendungsfällen die Maus direkt auf der Schreibtischoberfläche bewegt. Selbst auf weißem Papier ist eine sichere Navigation möglich. Natürlich kann auch weiterhin ein beliebiges Mousepad als Unterlage dienen. Lediglich auf einer sehr glatten Fläche, wie z. B. auf der Oberfläche eines Spiegels, dürfte keine Funktion möglich sein.

Die Basis der optischen Navigation ist der Vergleich von sequenziell aufgenommenen Bildern. Da der Baustein Frame-rates bis zu 2300 Frames pro Sekunde erlaubt, ist auch bei Bewegung ein Großteil des Bildinhaltes der 256-Pixel großen Abtastfläche bei aufeinander folgenden frames identisch, jedoch in der Position verschoben.

Mit Hilfe eines digitalen Signalprozes-



**Bild 1: Durch die Verschiebung des identischen Bildinhaltes in beiden Frames (a und b) berechnet der Prozessor die Richtung und die Entfernung der Bewegung.**



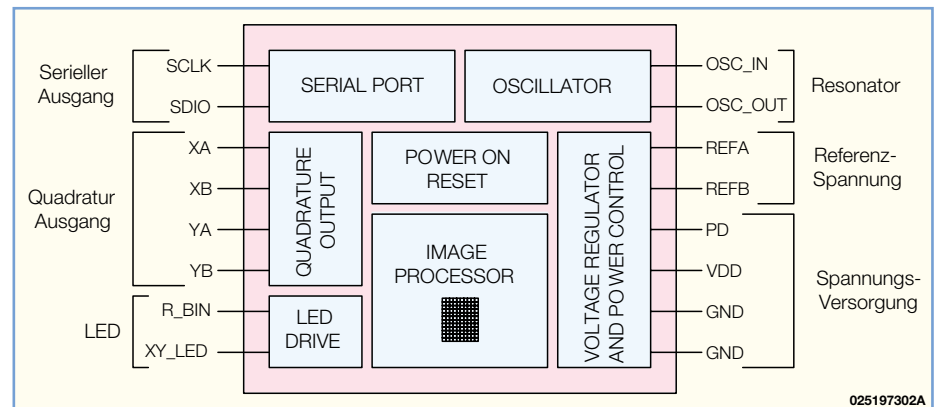
**Bild 2: Funktionsweise einer optischen Maus.**

sors lässt sich aus der Verschiebung des in beiden Frames identischen Bildinhaltes die Richtung und die Entfernung der Bewegung ermitteln. Da durch Veränderung des Lichteinfalls die Bereiche mit identischem Bildinhalt sich auch leicht verändern, sind zur Verarbeitung entsprechende Bildverarbeitungs-Algorithmen erforderlich. Abbildung 1 verdeutlicht die grundsätzliche Funktion anhand von zwei aufeinander folgenden Bildern während einer Mausbewegung.

Die einfache Handhabung einer optischen Maus erfordert einen hohen technologischen Aufwand, damit die optische Wegerkennung nahezu unabhängig von der Beschaffenheit der Oberfläche zuverlässig funktioniert. Dazu sind im ADNS-2051 ein Bildaufnahmesystem (Image Acquisition-System, IAS), ein digitaler Signalprozessor (DSP), ein 2-Kanal-Quadraturausgang und ein serieller Port mit zwei Leitungen integriert.

Die grundsätzliche Funktionsweise des Systems verdeutlicht Abbildung 2. Das Innenleben einer optischen Maus besteht zunächst aus einer Sendediode, die über eine Speziallinse die Unterlage der Maus (in der Regel die direkte Schreibtischoberfläche) anstrahlt. Je nach Beschaffenheit der Oberfläche erfolgt nun eine unterschiedliche Reflexion des Lichtes. Eine weitere Kunststoff-Speziallinse sorgt dafür, dass

ein mikroskopisch kleiner Ausschnitt der Oberfläche auf dem CMOS-Bildaufnehmer abgebildet wird. Das Bildaufnahmesystem im ADNS-2051 erzeugt daraus ein Graustufenbild, das vom nachfolgenden digitalen Signalprozessor mit Hilfe von entsprechenden Algorithmen ausgewertet wird.



**Bild 4: Das Blockschaubild zeigt die internen Stufen des optischen Maussensors ADNS 2051 von Agilent.**

Zwischen 500 und 2300 Abbildungen werden in der Sekunde aufgenommen und vom System ausgewertet, wobei defaultmäßig eine Framerate von 1500 eingestellt ist. Eine hohe Framerate wiederum stellt sicher, dass auch bei schnellen Mausbewegungen ein Großteil des Inhaltes von zwei

aufeinander folgenden Abtastungen identisch ist.

Bewegungs-Geschwindigkeiten bis zu 14 inch (35,56 cm) pro Sekunde können vom ADNS-2051 verarbeitet werden. Die Auflösung des Bausteins ist programmierbar und kann 400 oder 800 Impulse pro inch (2,54 cm) betragen. Damit ist eine sehr feinfühlig und präzise Navigation möglich.

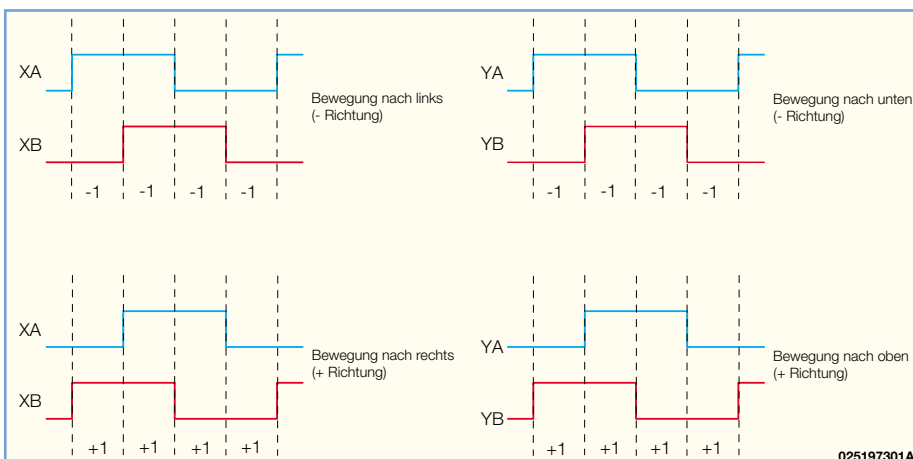
Werden bei zwei aufeinander folgenden Bildern länger als 1 Sekunde keine Veränderungen registriert, geht das IC in einen stromsparenden Standby-Modus. Bei Veränderungen berechnet der DSP daraus sofort die Richtung und die Distanz der Bewegung.

Die vom DSP generierten Positionsdaten werden chipintern in Zwei-Kanal-Quadratur-Signale (4 Differenzsignale) konvertiert und ausgegeben. Abbildung 3 zeigt die erzeugten Ausgangssignale der beiden Quadraturausgänge. Je nach Bewegungsrichtung sind die Signale dann zueinander

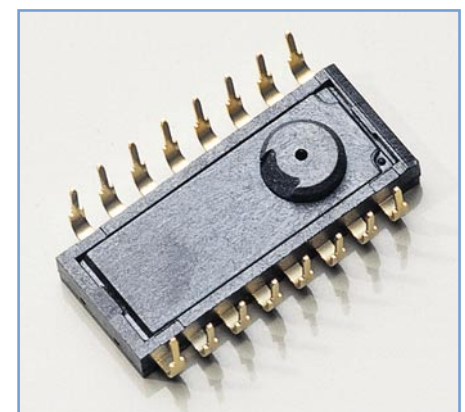
verschoben und die Frequenz der Signale ändert sich mit der Bewegungsgeschwindigkeit der Maus.

Zum Anschluss an herkömmliche Systeme werden die Daten auch im üblichen PS/2-Format ausgegeben.

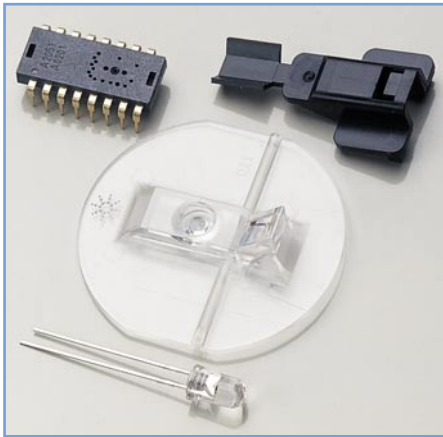
Das Blockschaubild in Abbildung 4 ver-



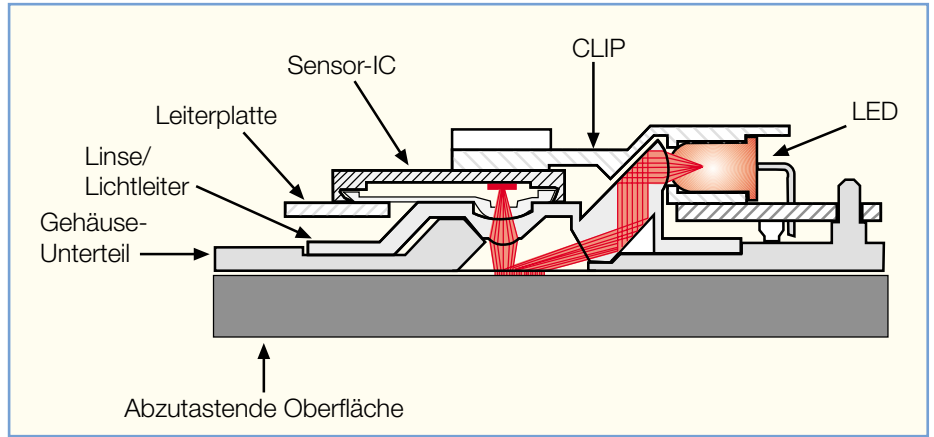
**Bild 3: Quadratur-Ausgangssignale bei verschiedenen Bewegungen der Maus.**



**Bild 5: An der Unterseite des ADNS 2051 ist die Miniaturöffnung des Bildaufnehmers zu sehen.**



**Bild 6: Sensor-Baustein, Linsensystem, Befestigungsclip und Sendediode einer optischen Maus.**

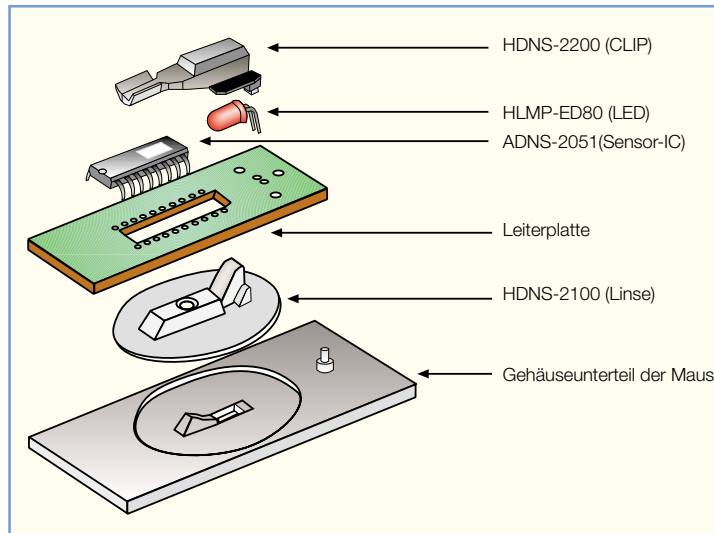


**Bild 8: Eine Schnittzeichnung durch die montierten Komponenten zeigt die Reflexionen des Lichtsignals.**

schaftt einen Überblick über die internen Stufen des ADNS-2051 und Abbildung 5 zeigt den Baustein von der Unterseite, auf der die Miniaturöffnung des Bildaufnehmers zu sehen ist.

Abbildung 7 zeigt alle Spezialkomponenten inkl. Leiterplatte und Gehäuseunterteil in Form einer Explosionszeichnung und die Schnittzeichnung durch die montierten Komponenten (Abbildung 8) zeigt

In Abbildung 9 ist die Schaltung einer kompletten 3-Tasten-USB-Maus mit zwei Inkrementalgebern (Wheel-Räder) zu sehen. Neben der bereits erwähnten Sendediode werden an externe Komponenten noch ein 18-MHz-Keramik-Resonator, zwei Widerstände und wenige Abblockkondensatoren benötigt. Die Spannungsversorgung der kompletten Schaltung erfolgt direkt aus dem USB-Port des Rechners.



**Bild 7: Die Explosionszeichnung verdeutlicht die mechanische Konstruktion einer optischen Maus mit dem ADNS 2051 von Agilent.**

Zwischen dem PC und der Maus erfolgt ein ständiger Datenaustausch, der sich nicht nur auf die Übertragung der X- und Y-Koordinaten beschränkt. So erhält die Maus vom PC mehrere Steuerbefehle und sendet Statusinformationen zurück. Vom PC aus können wiederum die Framerate und die Auflösung eingestellt werden oder es kann auch ein kompletter Reset der Maus erfolgen. Wie die vorstehende Beschreibung zeigt, steckt in einer modernen PC-Maus eine Menge „Hightech“, auch wenn es „nur“ darum geht, den Cursor sicher und gleichmäßig über den Bildschirm zu bewegen. **ELV**

Zum Aufbau einer kompletten optischen Maus sind an Spezialkomponenten noch das Linsensystem HDNS-2100, der Befestigungsclip HDNS-2200 und die Sendediode HLMP-ED80 erforderlich. Diese Komponenten (Abbildung 6) sind ebenfalls vom Chiphersteller Agilent lieferbar.

die Reflexionen des Lichtsignals von der Sendediode bis zum Bildaufnehmer.

Zusammen mit dem speziellen USB-Mikrocontroller CY7C63723 von Cypress ist auch eine Maus zum Anschluss am USB-Port eines Rechners realisierbar.

**Bild 9: Schaltung einer kompletten 3-Tasten-USB-Maus mit dem ADMS 2051.**

