

# Elektronische Mini-Augen - Anwendung und Technik von Minikameras

*Miniatur-Kameras haben sich heute schon weite Anwendungsbereiche erobert, ob im Sicherheitsbereich, in der Berufswelt oder im Hobby. Wir stellen die Technik dieser Kameras vor und widmen uns schwerpunktmäßig der konkreten Anwendung in verschiedenen Gebieten, z. B. der Einbindung in die häusliche Videotechnik.*

## Chips mit Lichtblick

Bildaufnahmegeräte, schlicht Kameras genannt, sind wohl mit die interessantesten Objekte in der Elektronik - je kleiner, desto interessanter. Nicht erst seit den Filmtricks der James Bond-Filme fasziniert das Thema, denn seit gut 30 Jahren widmen sich vor allem Militär und Raumfahrt der Entwicklung der elektronischen Kameratechnik.

Fast 50 Jahre lang dominierte hier die althergebrachte Katodenstrahlröhre, die ihre Perfektion in Fernsehkameras und höchstauflösenden Kameras für militärische und Forschungszwecke erreichte. Doch das Ende der Fahnenstange war Ende der sechziger Jahre quasi erreicht, ab da gab es nur noch Detailverbesserungen in puncto Farbwiedergabe und vor allem

Kompaktheit der gesamten Kamera. Schließlich war es möglich, auch kompakte Videokameras in Röhrentechnik dem Consumermarkt zur Verfügung zu stellen. Doch den Miniaturisierungsbestrebungen der Techniker waren bei der Katodenstrahlröhre einfach physikalische Grenzen gesetzt, die man zwar mit einigen Tricks (der Katodenstrahl wurde „um die Ecke“ gelenkt, um kompaktere Geräte bauen zu können) kompensieren konnte, aber nur bis zu einer gewissen Grenze.

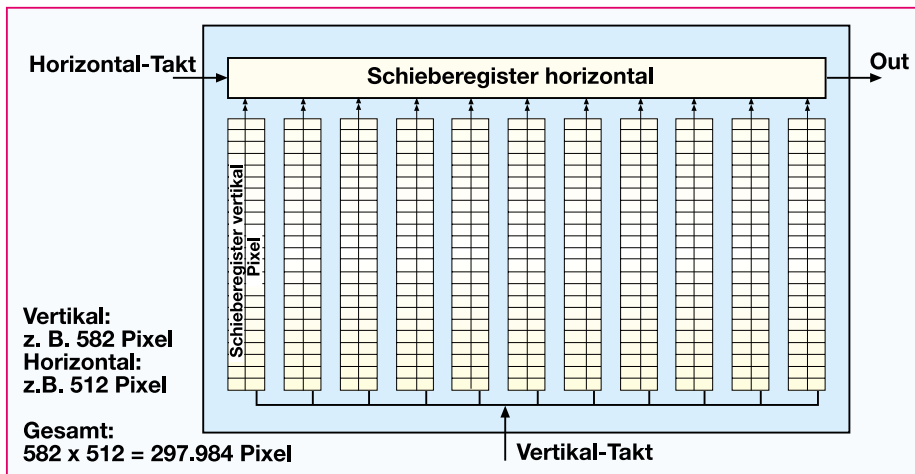
Erst mit der Einführung von Halbleiter-Bildwandlern gelang der große Sprung in die Minaturisierung der Bildaufnahmetechnik, was sich auf dem Consumermarkt zunächst in einem immer preiswerteren und qualitativ besseren Angebot an kompakten Camcordern ausdrückte.

CCD heißt das Zauberwort, zu gut eng-

lisch Charge Coupled Devices (Ladungsträger-gekoppelte Schaltung). Auf einer Chipanordnung sind, ähnlich wie bei einem Halbleiterspeicher, bis zu einigen Millionen Siliziumkristalle in einer Matrix angeordnet. N- und P-leitende Kristalle stehen sich dabei dicht gegenüber.

Wird ein solcher Siliziumkristall durch Licht getroffen, lösen die auftreffenden Teilchen des Lichts (Quanten) Elektronen aus der Kristallgitterstruktur heraus - es werden elektrische Ladungen erzeugt. Wie sich dies bei einem einzelnen Halbleiterkristall auswirkt, kann man bei Fotodioden und -transistoren anschaulich nachvollziehen. Zwischen P- und N-Kristall entsteht eine Ladungsträgerverschiebung bei Auftreffen von Licht.

Um diese Ladungsträgerverschiebung aus einer Anordnung von Hunderttausend-



**Bild 1: Der prinzipielle Aufbau eines kompletten CCD-Chips**

den, ja Millionen von Kristallen gezielt auslesen zu können, kommt ein Trick zur Anwendung, der das Wesen der CCD-Technik ausmacht. Man legt ein genau definiertes getaktetes (Mehrphasentakt) elektrisches Feld an Elektroden, die, durch eine Isolation von der Kristallanordnung getrennt, den Halbleiterkristallen gegenüberstehen. Durch dieses getaktete Feld werden die aus den Kristallen herausgelösten Elektronen (je nach Lichtintensität am betreffenden Auftreffpunkt mehr oder weniger) entlang der zugehörigen Kristallreihe weiterschoben (vertikales Schieberegister), bis sie am Rand der Matrix an ein ebenfalls getaktetes horizontales Schieberegister übergeben werden (Abbildung 1). Ein wenig erinnert dieses Verfahren an das Abtastverfahren der Katodenstrahlröhre.

Am seriellen Ausgang des Chips steht die komplexe Bildinformation des aufgenommenen Hell-/Dunkel-Zustands vor dem Kamerachip zur Verfügung. Die Ausgabe an den nachfolgenden Videoprozessor erfolgt dann ebenfalls in einem Mehrphasen-Taktregime.

Durch ein genaues Timing des Feldtakts sind verschiedene „Belichtungszeiten“ realisierbar. Eine automatische Blendensteuerung wird aus den Helligkeitsinformationen, die der Videoprozessor ausgibt, abgeleitet und damit das Timing der Horizontal- und Vertikalansteuerung beeinflusst. Der dabei erreichbare Regelbereich ist so groß, daß moderne Chips nahezu alles an Lichteinfall von Mittagssonne bis fast totale Dunkelheit verarbeiten können. Bei einigen Kameras kann die Blendensteuerung auch eine elektrische Vorsatzblende, die sich am Objektiv befindet, steuern.

Der Clou des Ganzen ist die Empfindlichkeit des Chips für Infrarotlicht, so daß mit einer für den Menschen unsichtbaren Infrarotlichtbestrahlung des Beobachtungsfeldes eine solche CCD-Kamera auch bei Nacht „sehen“ kann und es uns so beispielsweise ermöglicht, Vorgänge an un-

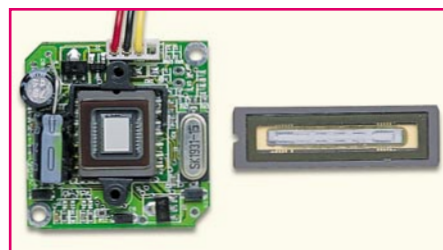
serem Hauseingang auch bei Dunkelheit am Monitor verfolgen zu können.

Der Rest ist Optik: Damit der Chip scharf abbilden kann, benötigt er genauso eine Fokussieroptik wie eine herkömmliche Kamera, hier ist dann alles zwischen Makro und Tele möglich. Meist sind die Objektive als Fixfokus-Objektive ausgeführt, bei Camcordern, den meisten digitalen Fotoapparaten und hochwertigen Beobachtungskameras auch als automatisch fokussierendes Teleobjektiv.

In welchen Dimensionen die CCD-Arrays ausgeführt sind, kann man allein schon an der erreichbaren Pixeldichte (gleich Kristallzahl auf dem Chip) von einigen Hunderttausend (Minikameras) bis zu einigen Millionen (hochwertige Videokameras und Digital-Fotokameras) Pixeln ersehen.

Aber nicht nur bei Kameras kommen CCDs in großem Stil zum Einsatz, sie bilden auch die technische Grundlage von Scannern. Hier sind lediglich die Chipanordnung (Reihen- statt Flächenanordnung) und die vorgeschaltete Optik (Umlenspiegel etc.) sowie das Taktregime anders, das Funktionsprinzip ist das Gleiche.

Der erreichte technologische Stand ist inzwischen so hoch, daß seit einigen Jahren preiswerte elektronische CCD-Kameras für jedermann verfügbar sind, die vor allem durch ihre Kompaktheit verblüffen. Denn der eigentliche CCD-Chip mißt beim heute weitverbreiteten 1/3"-Chip nur ca. 4,9 x 3,7 mm (aktive Fläche). Er ist in



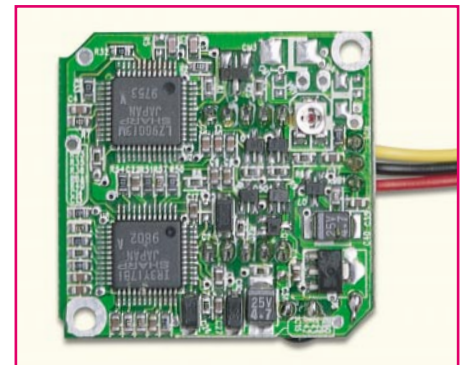
**Bild 2: Mikrometerarbeit: Kamera-Flächenchip mit 291.000 Pixeln, daneben Scanner-CCD-Chip**

einem DIL- oder SMD-Gehäuse untergebracht, das direkt auf die zugehörige Elektronikplatine aufgesteckt oder aufgelötet ist. Abbildung 2 zeigt einen solchen Chip auf einer Minikamera-Platine, daneben einen Scanner-Chip - man erkennt deutlich den Unterschied der Chipausführung (Fläche zu Reihe).

Der Scannerchip wird von einem genau fokussierten Lichtstrahl, der die Hell-Dunkel- bzw. Dichte-Unterschiede der Vorlage wiedergibt, in einer Reihe nacheinander belichtet, was einen sehr exakten zeilenweisen Bildaufbau im Computer zur Folge hat.

### Kompakter geht es kaum

Doch zurück zu den Kameras. Die gesamte Elektronik der Kamera befindet sich auf einer winzigen Platine (28 x 28 mm, Abbildung 3). Kernstück sind zwei komplexe Chips, die mit ein wenig Peripherie



**Bild 3: Kompakt und komplex auf nur 28 x 28 mm - die Steuer- und Signalaufbereitungselektronik der CCD-Minikamera**

für die Blendensteuerung und die Stromversorgung umgeben sind. Während ein Chip als Videoprozessor arbeitet, also die serielle Information des CCD-Chips zu einem Norm-Videosignal aufbereitet, beherbergt der andere alle Baugruppen für Timing und Synchronisation zwischen CCD-Chip und Auswertelektronik.

Meist findet sich auf der eng bestückten Platine sogar noch ein Plätzchen für ein Kondensatormikrofon samt zugehöriger Elektronik.

Da sich die gesamte Stromversorgungsperipherie bereits auf der Platine befindet, genügt eine einfache, unstabilierte Gleichspannung für den Betrieb eines solchen Kameramoduls - wichtige Voraussetzung für den universellen Einsatz.

Ganz ähnlich gestaltet sich auch der Grundaufbau rund um den Bildaufnehmer in Ihrem Camcorder oder der digitalen Fotokamera.

Wir wollen jedoch den Einsatz als Videokamera genauer betrachten.

Prinzipiell arbeiten sowohl die profes-



**Bild 4: Professionelle Überwachungskamera (hier ohne Wetter-schutzgehäuse) mit Alarmausgang, auch für den Außenbereich geeignet**

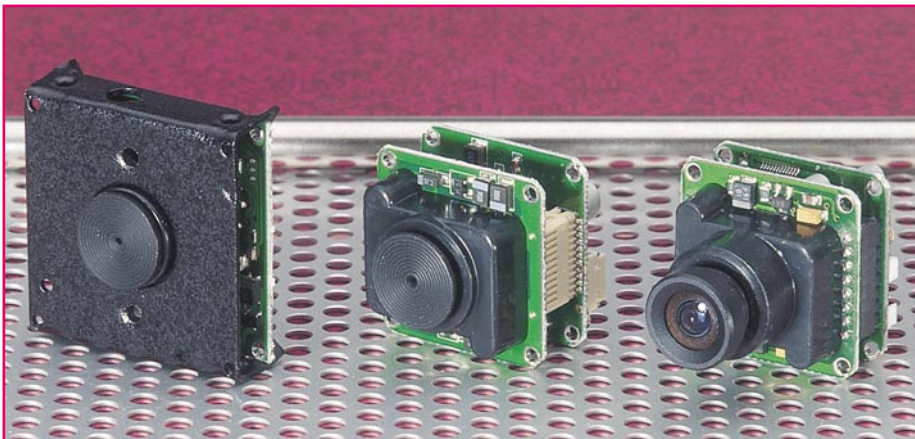


**Bild 6: Mit allem Komfort - Überwachungsanlage mit Wechselsprech-Verbindung.**

sionellen Außen-Überwachungskameras (Abbildung 4) als auch die Mini-Module für den individuellen Einbau (Abbildung 5) auf gleicher Grundlage. Die wesentlichen Unterschiede bestehen vor allem in der Peripherie vor der Kamera und rund um die

chung von Kassenkräften oder der Video-Observation aus dem Auto heraus.

Für individuelle Lösungen eignen sich dagegen die bereits recht preiswert erhältlichen Miniatur-Kamera-Module, wie sie in Abbildung 5 zu sehen sind. Diese bieten



**Bild 5: Minis für alle Fälle - CCD-Minikameramodule**

Kamera. Daneben gibt es Unterschiede in der Lichtempfindlichkeit, wobei sich Mindestlichtstärken zwischen 0,1 und 0,5 lx als Norm zu etablieren scheinen, d. h. die Kamera liefert noch Bildsignale bei fast völliger Dunkelheit an den Monitor.

### Ungezählte Anwendungen

Diese leistungsfähigen und mittlerweile auch privat erschwinglichen Kameras bieten geradezu ungeahnte Einsatzmöglichkeiten.

Der klassische Einsatz als Außen- oder Innenkamera für die Außenareal- oder Raumüberwachung ist der wohl bekannteste. Auch als Türüberwachung, gekoppelt an die Gegensprechanlage oder gar mit in die Kamera integrierter Gegensprecheinrichtung, begegnen uns diese Kameras bereits recht oft (Abbildung 6).

Immer mehr Verbreitung finden sie auch beim Einsatz als Babysitter oder in der Krankenpflege.

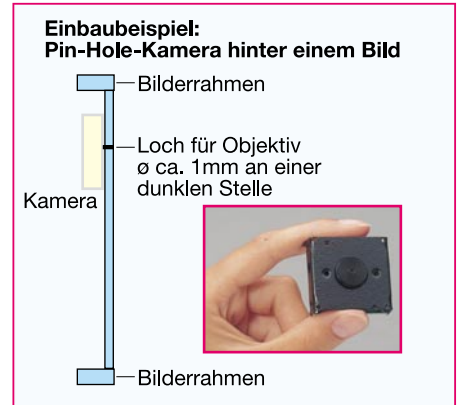
Die kompakten Exemplare (Abbildung 7) werden gern für diskrete Spezial-Überwachungsaufgaben eingesetzt, bei denen das Vorhandensein einer Kamera möglichst nicht entdeckt werden soll, etwa bei der Überwa-

eine unübersehbare Vielfalt an Einsatzmöglichkeiten von der kompakten Kamera an der Haustür über den Einsatz als Rückfahrkamera für das Wohnmobil bis hin zum Einsatz im Hobby, z. B. im Modellbau oder auf der Modellbahn.

Besonders interessant für den unauffälligen Einbau sind die superflachen Modelle mit Miniaturoptik (Abbildung 8). Sie lassen sich sogar hinter ein an der Wand hängendes Bild einbauen, denn eine nicht einmal stecknadelknopfgroße Mini-Optik erlaubt kaum eine Identifizierung der Kamera als solche von nicht eingeweihten Personen.



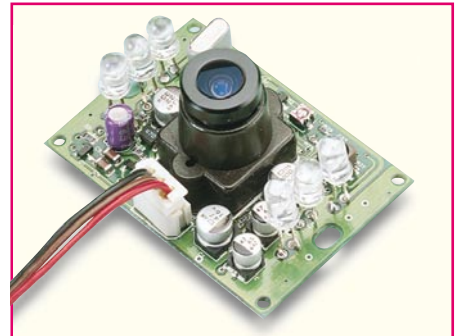
**Bild 7: Nur 61 mm lang und mit 45 mm Durchmesser - Minikamera mit integrierter Optik und Aufbauwinkel, wetterfestes Gehäuse**



**Bild 8: Objektivöffnung nur ca. 1 mm, 16 mm flach - ideale Minikamera für den versteckten Einbau**

Wählt man ein Modell mit integriertem Infrarot-Scheinwerfer (Abbildung 9), so kann man den überwachten Bereich sogar im Dunkeln gut einsehen.

Die meisten dieser Mini-Kameras verfügen über ein M12-Objektivgewinde, das



**Bild 9: Kann auch nachts „sehen“ - Minikamera mit integriertem Infrarot-Scheinwerfer**

man je nach gewünschtem Einsatz (Weitwinkel, Tele, Makroaufnahme) auch entsprechend mit anderen Objektiven (Abbildung 10) bestücken kann.

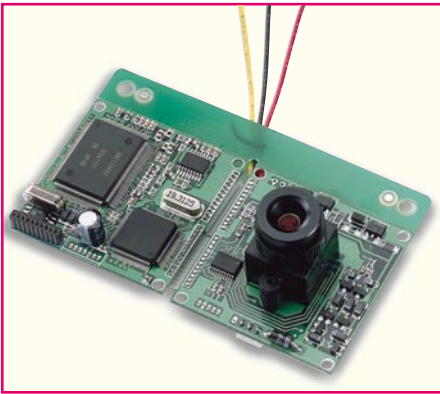
Der Clou für die Selfmade-Anwendung sind Farb-Kamera-Module (Abbildung 11), die naturgemäß noch detailliertere Informationen an den angeschlossenen Monitor liefern.

### Anschluß gesucht

Der Installation eines solchen Moduls



**Bild 10: Minikameras mit 12 mm Objektivaufnahme lassen sich auch mit Wechselobjektiven ausrüsten.**



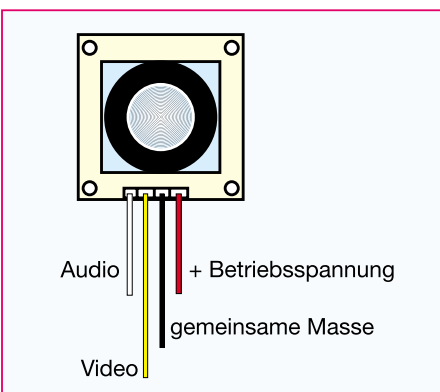
**Bild 11: Nonplusultra bei den Minis - Farbkamera mit Sandwich-Platine**

sind kaum Grenzen gesetzt, man kann ein Gehäuse selbst bauen, die Kamera in ein vorhandenes Gerät (z. B. Türsprechanlage) oder in ein im Handel erhältliches Fertigerhäuse einsetzen, und, und, und...

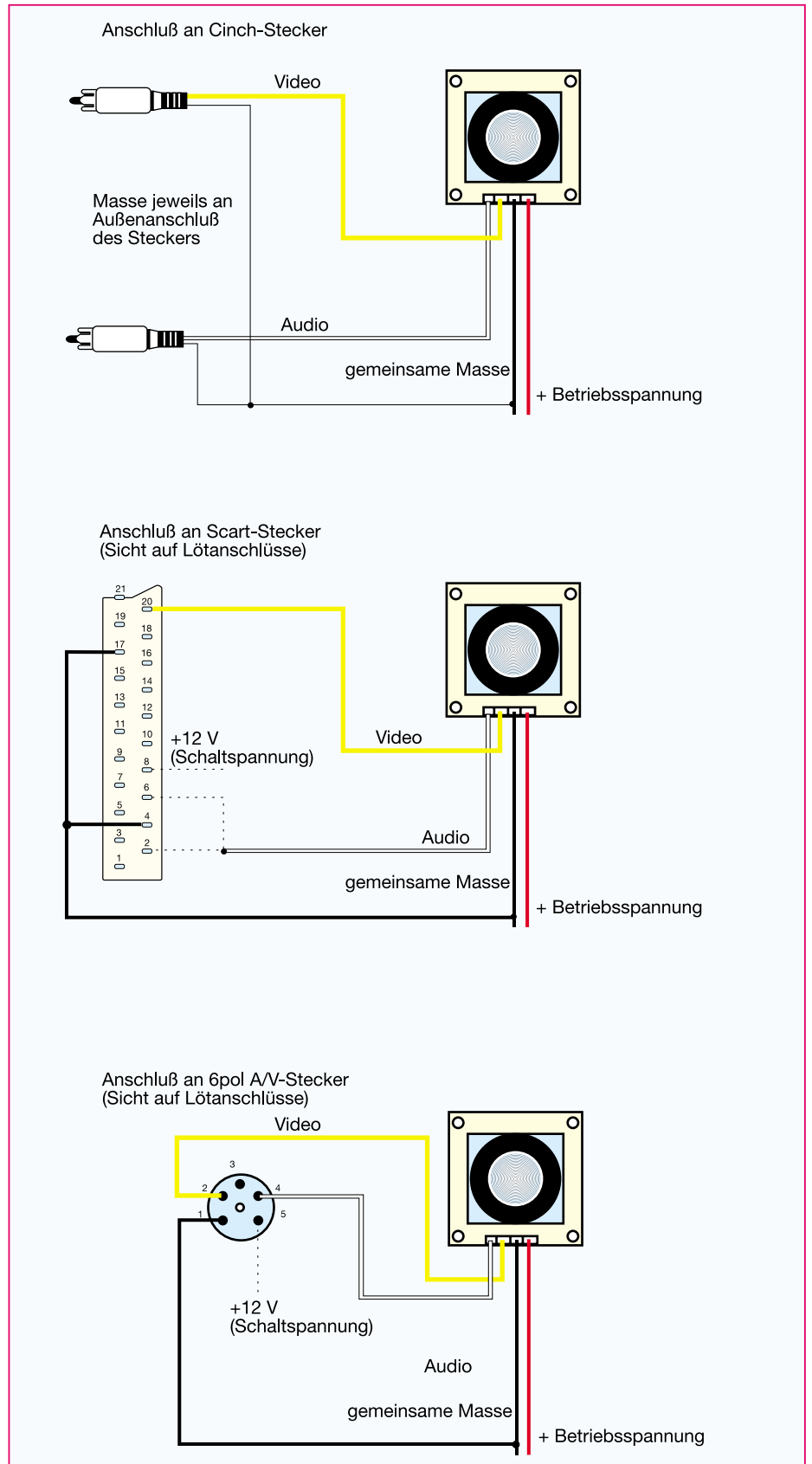
Durch recht weite Einsatz-Temperaturbereiche sind die Kameras problemlos auch im Außenbereich oder im Auto einsetzbar, lediglich für sorgfältigen Schutz vor Feuchtigkeit ist zu sorgen.

Der Anschluß an einen Monitor oder an das heimische Fernsehgerät ist einfacher, als man zunächst denken mag. Betrachten wir ein Anschlußbeispiel für eine solche Kamera (Abbildung 12), so gibt uns die Belegung keine Rätsel auf. Neben der erforderlichen Spannungsversorgung ist nur noch die Video-Ausgangsleitung (bei manchen Ausführungen eine zusätzliche Tonleitung) vorhanden. Der von der Kamera ausgegebene Videopegel entspricht in nahezu allen Fällen dem Normpegel für die Ansteuerung von Videoeingängen an Monitoren, Fernsehgeräten, Videorecordern oder Video-Bearbeitungs- und Schaltgeräten (BAS/FBAS, 1 V<sub>ss</sub> an 75 Ω). Somit ist der Anschluß an das Wiedergabegerät sehr einfach, wie Abbildung 13 für eine Reihe von Beispielen zeigt.

Verwendet man ein Gerät mit BNC- oder Cinch-Buchsen-Eingang, so erfolgt der Anschluß der Videoleitung, die im übrigen auch bei längeren Wegen zum



**Bild 12: Beispiel für die einfache Anschlußbeschriftung der Mini-Kameras**

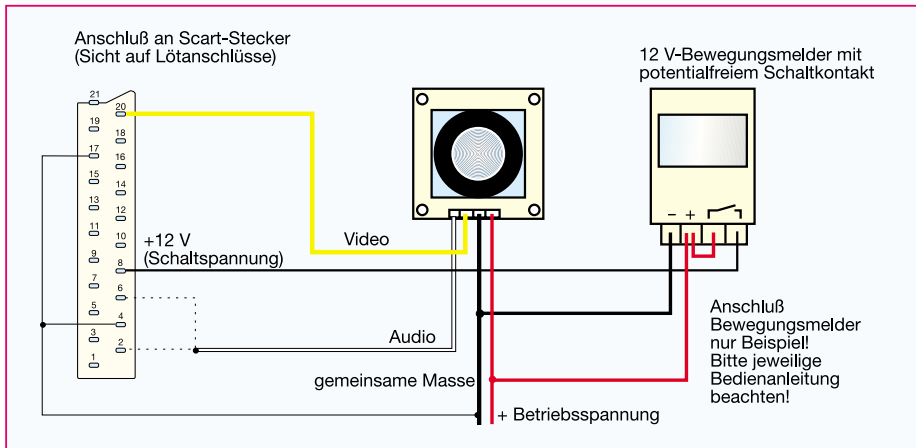


**Bild 13: So kriegen die Minis Anschluß - für fast jeden Einsatzfall ist hier etwas dabei**

Monitor ungeschirmt ausgeführt sein kann, einfach mit einem entsprechenden Stecker. Professionelle Überwachungstechnik arbeitet mit BNC-Anschlüssen, und die meisten Heim-Video-Geräte bieten einen meist sogar frontseitigen Video-Ein-

gang, an den die Kamera problemlos angeschlossen werden kann.

Die Stromversorgung der Kamera erfolgt über ein kleines Steckernetzteil je nach Typ mit 9 oder 12 V Gleichspannung. Diese Spannung braucht, wie gesagt, nicht



**Bild 14:** Wenn einer ums Haus schleicht - auch die kleinen Minikameras können sich per Kombination mit einem Bewegungsmelder selbst melden.

stabilisiert sein, also genügt ein ganz einfaches und damit preiswertes Netzteil.

Will man die Kamera dagegen an einem Euro-Scart-Anschluß betreiben, so kommt man um einen Adapter nicht herum. Die einfachste Lösung ist ein handelsüblicher Cinch-/Scart-Adapter, an dessen Cinch-Eingang wiederum die Kamera angeschlossen wird. Man kann sich diesen Adapter nach Abbildung 13 auch selbst bauen, sollte hier dann gleich auch eine Leitung an Pin 8 anlöten. Damit ist es möglich, einen 12V-Bewegungssensor dazu heranzuziehen, die Kamera auf dem Fernseh Bildschirm einzublenden, wenn jemand den Überwachungsbereich des Sensors betritt (Abbildung 14). Denn die meisten Fernsehgeräte mit Euro-Scart-Anschluß führen bei Auftreten einer 12 V-Schaltspannung an Pin 8 des Scart-Anschlusses ein Umschalten auf den sog. A/V-Kanal durch.

Man kann sich auch das 12V-Kabel sparen, indem man einen automatischen A/V-Umschalter, wie in Abbildung 15 gezeigt, einsetzt, der nach Einschalten der Kamera mittels des Bewegungsmelders auf das dann anliegende Videosignal reagiert und so das Kamerasignal in das lau-

fende Programm einblendet - eine praktische Sache.

Noch raffinierter arbeiten Videoumschalter, die sogar bei Änderung des Bildinhalts im überwachten Bereich Alarm schlagen können, wie z. B. der VMS 7000 von ELV.

Hervorragend als Monitore geeignet sind im übrigen auch die meisten aus der Heimcomputer-Ära übriggebliebenen Computermonitore (z. B. die 17/18xx-Reihe von Commodore mit Cinch-A/V-Anschlüssen). Auch an zahlreichen A/V-Videoarten für Computer, z. B. die ATI All In Wonder Pro, läßt sich eine Videokamera problemlos anschließen.

### Ohne Scart und Cinch - HF

Verfügt der als Überwachungsmonitor vorgesehene Fernsehempfänger nicht über einen Video-Eingang der bisher beschriebenen Art, so bleibt immer noch der Weg, die Video-Einspeisung über dessen Antenneneingang vorzunehmen - mittels eines UHF-Modulators (Abbildung 16). Dieser wird einfach in die Antennenleitung zum Fernsehgerät eingeschleift, sein Video-Ein-

gang wird mit dem Video-Ausgang der Kamera verbunden, der Modulator auf einen freien UHF-Kanal abgeglichen, und schon kann man durch Anwahl dieses Kanals am Fernsehgerät jederzeit sein eigenes Kamerabild einblenden.

### Ohne Netz und doppelten Boden

Will (oder darf) man keine langen Leitungen zwischen Kamera und Monitor quer durchs Haus legen, so findet sich auch hier eine Lösung - Funk!

Inzwischen gibt es zahlreiche 2,4GHz-Video-/Audio-Funkübertragungsanlagen unterschiedlichsten Preises und ebenso unterschiedlicher Qualität im Handel. Auch hier ist der Anschluß einfach: Kamera über die Cinch-/oder A/V-Buchse an den Sender anschließen, den Empfänger mit dem Fernsehgerät/Monitor oder Videorecorder verbinden, Antennen auf besten Empfang ausrichten - fertig! Abbildung 17 zeigt ein Anwendungsbeispiel. Solche Systeme gibt es übrigens auch komplett mit im Kameragehäuse integriertem Sender zu kaufen.

Der Clou zum Thema Funk-Anwendung von Videokameras ist wohl die Anwendung im Modellbau oder gar auf der Modelleisenbahn-Anlage. Da kann man die Modell-Autorennbahnstrecke live aus Fahrersicht erleben oder aus der Cockpitsicht des Modellflugzeuges das Fliegen am Monitor genießen. Bei letzterem Fall ist aber dringend anzuraten, den Flug zunächst auf einem Videorecorder (auch einige Camcorder mit integrierter Nachbearbeitungsmöglichkeit bieten eine externe Aufnahmefähigkeit) aufzuzeichnen und sich später anzusehen.

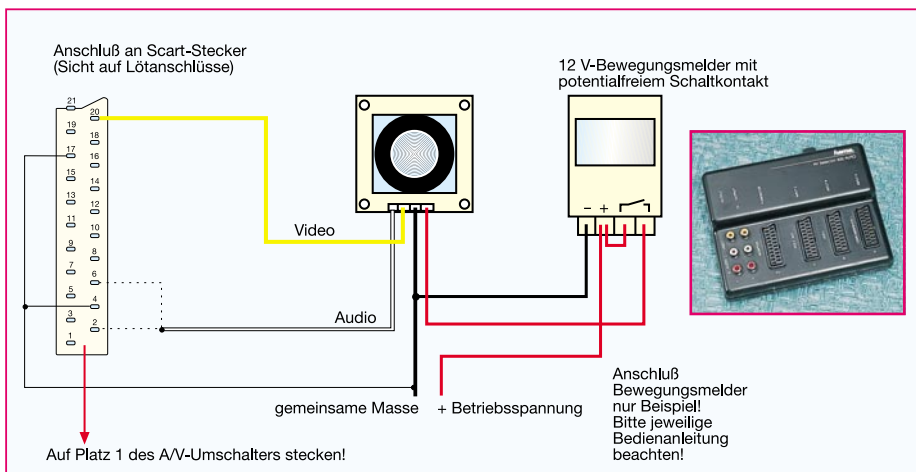
Bei freier Sicht sind mit den handelsüblichen 10mW-Videosendern Reichweiten von bis zu 300 m zu erzielen. In Gebäuden werden diese auf ca. 30 m reduziert.

### Mitfahren auf dem Führerstand

Auch auf der Modelleisenbahn-Anlage hält Video Einzug, wie die enorme Begeisterung auf Messen und in der entsprechenden Fachpresse zeigt. Einmal eine Fahrt im Führerstand der eigenen Lok erleben, und das sogar in der „kleinen“ Spur HO!

Der Aufwand dafür hält sich in Grenzen. Man benötigt wieder nur eine Mini-Kamera und das besagte Funk-Übertragungssystem. Senderbausteine gibt es schon ohne Gehäuse mit Abmessungen von 45 x 45 x 18 mm zu kaufen. Solch ein Sender paßt mit etwas Geschick und Antenne sogar in einen HO-Wagen hinein. Noch ein Wagen für die Akkus, denn stabiler Sendebetrieb kann nur so gewährleistet werden, und der fahrende Sender ist fertig.

Die Integration der Kamera gestaltet sich bei einigem handwerklichen Geschick



**Bild 15:** Dieser A/V-Umschalter reagiert schon auf das Eintreffen des Videosignals der eingeschalteten Kamera.



**Bild 16:** Kein A/V-Anschluß? Mit einem UHF-Modulator läßt sich das Kamerasignal in jeden Fernseher einspeisen.

ebenfalls weitgehend problemlos. Es muß in der betreffenden Lok lediglich genug Platz für das kleine Kameramodul (für HO eignen sich die kompakten Module mit 28 x 28 mm oder kleiner) geschaffen werden (Führerstand ausbauen, nicht benötigte Teile entfernen). Schließlich ist noch ein passendes Sichtloch direkt vor das Objektiv in den Lokkasten einzuarbeiten.

Die Verbindung zwischen den einzelnen Fahrzeugen erfolgt über dünne, flexible Drähte, zweckmäßigerweise mit Steckverbindern. Die Leitungen werden im Kupplungsbereich getarnt.

Man kann die Kamera aber auch bequem in einen Personenwagen einbauen und dann die Vorbeifahrt genießen. Die Ergebnisse können sich sehen lassen, wie Abbildung 18 für Beispiele in S/W und Farbe beweisen.

### Rückwärts per Video

Auch im Kfz-Bereich lassen sich sinnvolle Anwendungen für die kleinen Video-



**Bild 18:** Faszination Lokführerstand - Mini-Kameramodule machen die „Mitfahrt“ selbst in HO möglich.

kameras finden, ein Beispiel ist die Rückfahrkamera für das Wohnmobil oder den Wohnanhänger. Die kleine Kamera, mit einem Weitwinkelobjektiv ausgestattet, läßt sich entweder fest oder mit einem kleinen Schwenkgehäuse an der Wagenrückseite anbringen, die Stromversorgung erfolgt über das Bordnetz.

Passende Flach-Monitore bietet der Han-

del ebenfalls (Abbildung 19). Solch ein Monitor ist bequem auf der Armaturentafel anbringbar und ermöglicht so das bequeme Rangieren mit dem unübersichtlichen Wagen.

Se sehen also, nicht nur im (teuren, weil nach hohen Sicherheitsanforderungen gestalteten) Profi-Bereich gibt es zahlreiche Möglichkeiten, CCD-Kameras zu nutzen, auch der private und Hobbybereich bietet eine Menge an kreativen Lösungen.

Vor allem der Spaß am Bauerfolg und die neu gewonnene Sicherheit lohnen das relativ unaufwendig und schnell zu realisierende Kamera-Projekt allemal.

Bleibt noch abschließend zu erwähnen, daß durch den Einsatz einer Videokamera keine Persönlichkeitsrechte verletzt werden dürfen. **ELV**



**Bild 17:** Keine Kabel nötig - das Videosignal kann auch per 2,4 GHz-Funk übertragen werden.



**Bild 19:** Ideal als Rückfahr-Flachmonitor im Wohnmobil, aber auch als kompakter Überwachungsmonitor für die Wohnung - 10 cm-TFT-Farb-Monitor