

Begriffsklärung

Der Begriff Sensor wird im Sprachgebrauch sehr undifferenziert verwendet. Deshalb hier zunächst ein Blick auf die Definition, die uns der Brockhaus anbietet:

Der Sensor

"Lat. Sensus >Sinn<, >Wahrnehmung<

Allg.: Ein Funktions- / Bauelement, das mittels physikalischer oder chemischer Effekte zur Erfassung physikalischer, chemischer oder elektrochemischer Größen und deren Umwandlung in elektrische Signale dient.

In diesem Sinn bedeutet Sensor: Messgrößenaufnehmer.[..]"

(Lexikon: Brockhaus)

Man unterscheidet Sensoren i.d.R. nach ihrer Baugröße und ihrer Fertigungstechnik, sowie nach ihrem Einsatz- und Verwendungszweck. Sie werden v.a. für Steuerungs- und Regelprozesse angewendet. Das Fachgebiet der Sensorik ist also ein Teilgebiet der Elektrotechnik.

Es ist also nach der Definition klar zu erkennen, dass ein Sensor in erster Linie ein "Geber" ist. Der Sensor gibt in irgendeiner (elektrischen) Form die von ihm ermittelte Information weiter.

Dabei ist der Sensorgeber eine Schaltstelle zwischen unserer Wahrnehmung und der Umwelt. Man kann sich als Vergleich die menschlichen Sinnesorgane vorstellen - nur dass die Wahrnehmung oft noch ausgeweitet oder aber bewußt beschränkt ist.

Beispiel: Kameras erkennen inzwischen den Infrarotbereich, der eigentlich vom menschlichen Auge nicht wahrgenommen werden kann, den man dann allerdings wieder für das menschliche Auge sichtbar macht - der Mensch kann also plötzlich Wärme sehen.

Typische Sensorbauteile:

Photodiode, Phototransistor, Photowiderstand zur Messung der Beleuchtungsstärke und der Lichtdurchlässigkeit; CCD und CMOS zur opt. Bildabtastung; Temperaturfühler; Feuchtigkeitsfühler in Hygrometern; Infrarotdetektoren; Dehnungsmessstreifen (Aufnahme mechanischer Veränderungen); Magnetdiode und Hall-Generator (Magnetfelder); Piezodiode; Piezotransistor; allg. Drucksensoren; Sensoren in Feuermeldeanlagen

Auswertung des Sensors

Auch ist entscheidend, auf welche Art und Weise mit der gegebenen Information umgegangen wird. Bei einer normalen Fotokamera wollen wir natürlich NICHT den Infrarot-Farbraum auf unseren Bildern sehen, sondern ein Bild, das der menschlichen Wahrnehmung entspricht. Bei billigen Digitalkameras mit einer nicht sonderlich ausgereiften Signalumwandlung entstehen deshalb Bild- und Farbstörungen.

Anwendungsgebiete von Sensoren:

Die ursprünglichsten Anwendungsgebiete von Sensoren sind in der ihrem Wesen nach in der Automation von Prozessen und "intelligenten" Geräten zu suchen.

Deshalb können die neuesten Entwicklungen von Sensoren v.a. an Fertigungsanlagen und der Robotik im Einsatz begutachtet werden. Mehr Aufschluss darüber geben weitere Referate zu diesen Themen.

Sensortechnik in Gebäuden

<http://www2.gira.de/>

<http://www.smart-home-tech.de/>

http://www.ad.siemens.de/et/gamma/index_00.htm

<http://www.mymerten.com/>

<http://www.inhaus-duisburg.de/>

<http://www.shk-smarthouse.de>

Durch die steigenden Ansprüche an die Haustechnik und die Gebäudesteuerung, wird die Sensortechnik allerdings auch für die Architekten interessanter. In diesem Zusammenhang muß also auch auf die Hausbus-Technik hingewiesen werden, die allerdings wiederum in einem anderen Referat explizit thematisiert wird.

In diesem Beitrag soll nur die Sensorik betrachtet werden.

Innerhalb eines Gebäudes haben wir bisher nur eine Handvoll Bereiche, die von einem Sensor gesteuert werden: Heizung, Lüftung, Verdunklung, Beleuchtung.

Dabei sind die Sensoren die Geberelemente für die entsprechenden Einheiten. I.d.R. beschränkt sich die Auswertung der Signale auf ein einfaches "an / aus". Das bedeutet, dass die Auswertung der Signale relativ einfach aufgebaut ist.

Hier scheint das größere Problem innerhalb der Gebäudetechnik der Installateur und der Anwender (als der Bewohner) zu sein.

Im Gegensatz zu Hochleistungsrobotern, die 24 Stunden von einem Spezialisten-Team kontrolliert werden, muss ein Sensor und die damit verbundene Technik im Dauereinsatz funktionieren. Deshalb ist ein Bestreben der Hersteller festzustellen, Sensoren in modulare Formen zu bringen, die in herkömmliche Elektrobausteine (Lichtschalter, Steckdose) passen und auch von jedem Elektriker installiert werden können.

Die Funktionalität und Alltagstauglichkeit ist inzwischen schon sehr weit fortgeschritten.

Beispiel: Heizung

Die Heizungsanlage ist mit einem Temperaturfühler verbunden (Außentemperatur) und hat in jedem Raum einen entsprechend empfindlichen Temperatursensor. Diese Sensoren sind i.d.R. piezoelektrisch gesteuert und reagieren auf Wärme. Oft können sie auch noch als Bewegungsmelder umfunktioniert werden (wäme gesteuert). Die Sensoren sind an das Hausbussystem gekoppelt und können so den Heizvorgang komplex für jeden Raum separat steuern.

Beispiel: Lüftung im Brandfall

Bei einem Brand entsteht Rauch, der dann abgesaugt werden soll. Ein entsprechender Sensor kann Rauchpartikel in der Luft erkennen. Die Haussteuerungsanlage kann den Sensor natürlich räumlich orten und die dazugehörige Luftzufuhr / Abluft regulieren.

Beispiel: Beleuchtung

Jeder kennt den Bewegungsmelder an Hauseingängen, der das Licht einschaltet. Diese Geräte werden meist "stand-alone" verwendet, also ohne eine komplexe Vernetzung mit einem Steuergerät. Dabei wird mit einem optischen Sensor eine Bewegung erkannt und in ein entsprechendes Schaltsignal umgewandelt.

Es ist klar zu erkennen, dass der Sensor als solcher relativ unbedeutend ist. Viel wichtiger ist das gute Zusammenspiel von Sensor und dem zentralen Auswertungssystem. Erst über den sinnvollen Einsatz und die Auswertung werden Sensoren intelligent.

Unterschiede von einfacher Gebäudetechnik zur Überwachung

Das letzte Beispiel zeigt allerdings den Unterschied von der einfachen Gebäudetechnik zur Überwachungstechnik: Innerhalb eines Gebäudes werden die meisten Sensoren dazu genutzt Geräte ein- und auszuschalten. Dabei ist die Steuerung nicht sehr komplex (Ist es dunkel, dann schalte das Licht ein; Ist es zu kalt, dann schalte die Heizung an; Ist

es zu warm, obwohl die Heizung ausgeschaltet ist, dann schalte die Lüftung ein;...).

Wenn es allerdings darum geht Gebäude zu überwachen, werden die Vorgänge sehr schnell sehr komplex, weil auch die Ansprüche sehr komplex sind.

Beispiel: In einem Bürogebäude arbeiten mehrere Hundert Menschen. Diese Menschen gehören zu vielen verschiedenen Firmen, die wiederum in verschiedenen Abteilungen unterteilt sind. Innerhalb jeder Abteilung gibt es Menschen mit einem eigenen Büro und diejenigen die im Großraumbüro arbeiten. Innerhalb des Großraumbüros haben die Angestellten aber auch unterschiedlichste Rechte und Pflichten. Der Eine darf in den Tresorraum, der Andere nicht. Der eine muß regelmäßig ins Ausland telefonieren, der Andere nicht...

Es geht also darum jeden Menschen eindeutig zuerkennen, egal wo er sich aufhält, und seine Arbeitsumgebung an ihn anzupassen. Im Idealfall weiss(!) eine Tür, die ich öffnen will, bereits wenn ich zur Klinke greife, ob ich den Raum betreten darf. Ein Schlüssel wäre also unnötig.

Was bereits möglich ist:

Ich bekomme als Angestellter eine Karte/einen Schlüsselanhänger mit einem Chip. Per Funk wird dieser Chip erkannt und erhält seinen Strom dadurch, dass er ihn innerhalb eines sehr schwachen Funkfeldes (Elektromagnetfeld) selbst erzeugt (Induktion). Er überträgt seine Information an die logische Schaltung im Türschloss.

Dieses System kann mit einer Fuzzy-Logik auch noch zu einem lernenden System ausgebaut werden. D.h., dass ein zentraler Rechner meine Gewohnheiten ermitteln kann (Immer wenn Person x durch die Tür y den Flur betritt, betätigt sie den Kaffeeautomaten...).

Kameras können Bewegungen aufzeichnen und Auswerten. Die Echtzeitauswertung von biometrischen Merkmalen kann z.Z. allerdings nur mit hochspeziellen Sensoren erfolgen. Ein direkter Scan innerhalb einer Bewegung ist z.Z. noch nicht ohne weiteres möglich - was aber bestimmt nur eine Frage der Zeit ist.

Einzelne Sensoren

<http://www.balluff.de>

<http://www.top-sicherheit.de>

Akustische Sensoren

Sensoren, die auf akustische Signale reagieren sind v.a. für die Überwachung in Gebäuden im Einsatz.

Z.B. gibt es Sensoren, die das Zersplittern von Glas „hören“ und nicht die Erschütterung oder das Zerbersten von Glas registrieren. Dieser Einsatz ist v.a. dann interessant, wenn man den Sensor unsichtbar montieren möchte oder aber das Bauteil zu empfindlich ist (z.B. Denkmalschutz).

Drucksensoren

Einfache Drucksensoren wandeln einen Druck in ein elektrisches Signal um. Das kann rein mechanisch oder pneumatisch geschehen.

Diese Sensoren werden v.a. in der Automation eingesetzt. Möglich wäre auch ein Einsatz in Gebäuden (Fenster auf / zu?), wo allerdings in erster Linie elektromagnetische Sensoren eingesetzt werden.

Optische Sensoren („Lichtschranken“)

<http://www.elpla.de/>

Die einfache Lichtschranke arbeitet mit einem fotoempfindlichen Sensor, der die Menge des einfallenden Lichts ermittelt (und dann auswertet). Dieses Prinzip ist sehr einfach und auch schon alt (Beispiel: Aufzugtüren). Seine Weiterentwicklung liegt in der Zusammenlegung von Sender und Empfänger in ein Bauteil und in der Modifikation der Lichtquelle und dessen Empfängers, also z.B. der Verwendung von Infrarotes Licht (IR) oder Lasern.

Dieses Prinzip wird in modifizierter Form in den meisten Bewegungsmeldern angewendet.

RF-Sensoren (Radio-Frequenz-Sensor)

<http://www.mymerten.com/>

<http://www.crosspoint.nl/>

<http://www.future-store.org>

Diese Sensoren werden innerhalb eines Magnetfeldes (Radiowellen) aktiviert und Übermitteln dann ihre Informationen an einen Empfänger.

Wird zur Warensicherung, Lagerverwaltung und als unsichtbarer Türschlüssel verwendet.

Komplexe Sensoren

Brandmelder / Rauchsensoren (optische Sensoren)

Sehen wir uns beispielhaft einen Brandmelder an. Dieses technische Gerät soll in Wohnräumen vor einem Brand warnen.

Genauer betrachtet ist es allerdings kein Sensor der auf "Feuer" sondern auf Rauch reagiert. Also ist die Frage, wie der Sensor den Rauch erkennen kann. Riecht das Gerät etwa den Brand? Die Antwort ist einfach: Nein. Der Sensor ist nicht sehr intelligent und kann Rauch nicht riechen. Er erkennt schlicht und einfach dass sich feinste Rauchpartikel in der Luft befinden. Er sieht den Rauch also.

Da kommt folgende Frage auf: In Geräten für wenige Euro sind also Bauteile eingebaut, die mehr sehen können, als wir Menschen? Antwort: Es ist einfacher... Das Gerät ist im Prinzip eine miniaturisierte Lichtschranke. Wenn also eine bestimmte Menge Rauchpartikel die Luft "verdunkeln", springt der Melder an. Diese Form der Messung wird fotooptische Messung genannt.

Ein „Intelligenter Rauchmelder“ innerhalb einer komplexen Haussteuerung wird nicht für ein paar Euro zu bekommen sein. So etwas kostet mehr...

Bewegungsmelder (Infrarot, Radar)

Ein Sensor wird um so komplexer, je genauer er arbeiten muß. Hier das Beispiel Bewegungsmelder: Der "Standard"-Bewegungsmelder, den wir an jeder 2. Haustüre sehen können, arbeitet auch mit einem lichtempfindlichen Bauteil. Häufig arbeiten diese Melder mit Infrarot-Sensoren und piezoelektrischen Bauteilen, die auf Wärmequellen reagieren.

Mit diesen Geräten können wir allerdings nur ermitteln, ob sich etwas/jemand im Erfassungsbereich bewegt. Für die meisten Anwendungen in der Gebäudetechnik reicht dieses Prinzip völlig aus. Wenn diese Geräte allerdings zur seriösen Überwachung eingesetzt werden sollen, liegen die Probleme auf der Hand:

1.) Bewegung: Das Ziel muß sich i.d.R. bewegen um erkannt zu werden. Die Bauteile sind darüber hinaus träge, was dazu führt, dass man an solchen Bewegungssensoren problemlos vorbeischieben kann. Zur Bewachung einer Gemäldesammlung ist ein solches System also nicht zu gebrauchen.

2.) Dann die Reichweite und der Erfassungsbereich: Wenn ich einen großen Parkplatz überwachen will, reichen die Kleinen Sensoren nicht mehr aus. Wenn wir uns aber vorstellen können, dass ein solches Gerät größer sein muß, ist es nicht mehr hilfreich eine Meldung zu bekommen: "Irgendwo auf dem Parkplatz (Größe: mehrere Sportplätze) ist jemand

oder irgendwas und bewegt sich?"

3.) Fehler und Ausnahmen: Wir wollen aber gar nicht immer gewarnt werden. Denn jeden Abend schlendern 2 Wachleute über den Parkplatz und die sollen eigentlich nicht als Bedrohung erkannt werden. Und was ist mit Tieren? Hunde und Katzen haben eigentlich die Erlaubnis über den Parkplatz zu laufen, werden aber auch erkannt. Gleiches gilt für Vögel.

4.) Möglichkeit der Täuschung: Wer das Prinzip des entsprechenden Sensors kennt, kann sich darüber hinwegsetzen (so wie es in jedem zweiten Action-Film getan wird). Also z.B. die langsame Bewegung oder ein nasser (kalter) Anzug... Bei einfachen Sensoren oft ein einfaches Unterfangen

Es liegt also auf der Hand, dass für komplexe Überwachungsvorgänge intelligenter Sensoren eingesetzt werden müssen.

„Embedded Sensors“ / Intelligente Sensoren

Sensoren werden neuerdings "embedded". Es werden also Sensoren und miniaturisierte Rechner-Einheiten zu einem Bauteil zusammengefasst. So ist es möglich den einzelnen Sensor bereits einen Teil der logischen Verarbeitung leisten zu lassen. Der Sensor wird "intelligent".

Als Beispiel: Ein Kamerasensor soll immer ein Bild zu einem Auswertungscomputer schicken, sobald sich eine Person einer Einfahrt nähert. Jetzt nähert sich aber keine Person sondern ein Vogel... Geht man davon aus, dass nicht nur ein Eingang, sondern ein ganzes Gebäude auf diese Art und Weise überwacht werden müsste, wäre es interessant nur die wirklich relevanten Bilder (mit einem Menschen) geliefert zu bekommen. Ein schlaues Programm innerhalb des Sensors könnte diese Unterscheidung treffen und entsprechend reagieren.

Sensor "Kamera"

<http://www.vitracom.de/de/index.htm>

<http://www.byometric.com>

<http://www.ccd-sensor.de/>

Mit der digitalen Bildverarbeitung wird es neuerdings praktikabel mit der digitalen Bildauswertung zu arbeiten. Das bedeutet, dass ein Bild von einer digitalen Kamera empfangen und zeitgleich von einem Rechner analysiert wird. Diese Systeme ermöglichen eine komplexe Auswertung von Bewegungen und auch biometrischen Merkmalen.

Bei digitalen Kameras wird mit einem Foto-Sensor gearbeitet, der das empfangene Bild in elektrische Signale und dann wieder in ein für den Menschen lesbares Bild umwandelt.

Hier werden zwei verschiedene Sensortypen verwendet: CCD- und CMOS-Sensorchips.

CCD (Charge-Coupled Device; dt.: Ladungsgekoppelte Schaltung)

CCD-Sensoren sind seit mehr als zwei Jahrzehnten in der Produktion und im Einsatz.

Die Bildauswertung erfolgt nach relativ komplexen elektrotechnischen Prinzipien, weshalb diese Kameras teurer als CMOS-Kameras sind. Die Bildqualität ist dafür sehr gut (Füllfaktor von nahezu 100%).

Die CCD-Sensoren sind auch im nahen Infrarotbereich empfindlich (deshalb haben v.a. viele Farb-Kameras IR-Sperrfilter eingebaut).

Technisch gesehen brauchen sie oft mehrere Versorgungsspannungen und haben eine hohe Leistungsaufnahme. Ein Nachteil bei Miniaturisierung.

Dafür sind sie um ein mehrfaches lichtempfindlicher als ihre CMOS-Kollegen - im positiven wie im negativen Sinn. Man kann zwar bei geringerer Ausleuchtung aufnehmen, aber die Sensoren sind Überstrahlungsempfindlich. D.h. bei sehr hellen Partien zeigen sich fackelartige Auslöschungen (engl.: 'blooming') in benachbarten Bereichen, die sich mitunter über den ganzen Bildausschnitt erstrecken können.

Mit steigender Pixelzahl sinkt die Bildausbeute dramatisch, da prinzipbedingt, v.a. bei FT Sensoren, die optisch aktiven Bereiche in der Auslesephase als 'Leitung' verwendet werden. Eine defekte Zelle kann eine ganze Zeile bzw. Spalte lahmlegen. Der Sensor ist dann unbrauchbar.

Es ist also festzuhalten, dass moderne CSS-Chips die besseren Bilder liefern können, der entsprechende Sensor allerdings auch teuer und empfindlich ist.

CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor; dt.: Komplementärer Metall-Oxid-Halbleiter)

Diese Chips sind einfach aufgebaut. Hier entspricht ein Bildpunkt auf dem Sensor wirklich einem Bildpunkt auf dem Bildschirm. Man muss sich mehr um die Bildaufbereitung kümmern, da diese Sensoren störanfälliger und ungenauer sind. Sie erreichen nur einen Füllfaktor unter 50% und sind deshalb i.d.R. weniger lichtempfindlich. Das Auslesen geschieht mit separaten Leitungen, so dass ein defekter Pixel durch die Nachbarpixel interpoliert werden kann

Ihr Vorteil ist, dass sie in etwa die selbe spektrale Empfindlichkeit (d.h. Farbwahrnehmung) wie das menschliche Auge haben. Technisch betrachtet haben sie den Vorteil, dass sie oft nur eine Versorgungsspannung benötigen und eine geringe Leistungsaufnahme benötigen.

Die CMOS-Chips entstammen der wesentlich gängigeren Technologie. Entsprechende Stückzahlen vorausgesetzt sind sie deshalb deutlich preiswerter und bieten die Möglichkeit weitere Schaltungen auf dem selben Chip zu integrieren um so die Kamera kleiner zu machen. Hier liegt also die Zukunft der möglichst kleinen Baugrößen.

Vorteile gegenüber einer Videokamera

1.) Bildaufnahme auf externen Speichermedien (dezentral)

Das ist für Sicherheitssysteme sehr interessant, da die Bildaufzeichnung nicht räumlich unmittelbar mit der Kamera verbunden sein muß. Es ist also so, dass jedes "geschossene" Bild aus dem Einflussbereich eines Saboteurs entfernt wird.

2.) Kein Bildverlust durch "Rauschen" bei Kopien

Bei bisherigen Überwachungssystemen wurden die Bilder auf Video aufgezeichnet. Daraus resultiert jedoch eine hohe Anfälligkeit gegenüber häufigem Kopieren. Jeder kennt das Phänomen, dass stark kopierte Kassetten, eine extrem verminderte Bildqualität haben.

3.) Auswertung von Bilder, Bewegungen

Diese Bildverarbeitung ist neu und steckt noch in den Kinderschuhen. Für Sicherheitssysteme ist die Auswertung von Bildern allerdings sehr interessant: Jeder Mensch hat eindeutige Gesichtsmarkmalen und auch eine für ihn typische Bewegung. Wenn diese Merkmale in sekundenschnelle ausgewertet werden können, wäre es möglich sehr präzise Überwachungsanlagen zu erstellen. In Zusammenarbeit mit einer Fuzzy-Logik (Lernender Rechner) ein großes Potential.

4.) Zonierung des Kamerabildes möglich

Es ist jetzt bereits möglich bestimmte Bereiche innerhalb eines Bildausschnitts zu markieren. Wenn sich also jemand/etwas in diesen Bereich hineinbewegt, wird der entsprechende Mechanismus ausgelöst...

5.) Komplette Vernetzung möglich

Vorteil der Digitalen Bildverarbeitung liegt klar in der weltweiten Vernetzung. Wenn also eine Straftat in Deutschland verübt werden würde und ein Spezialist für die Erkennung von Mustern innerhalb einer Videosequenz in Amerika ansässig ist, könnte dieser Spezialist innerhalb weniger Sekunden das entsprechende Material auf dem Bildschirm haben.

Anwendungsbeispiele:

Komplexe Überwachung von Strassen und Supermärkten.

Auswertung von Besucherbewegungen / Besucherströmen.

Identifikationssysteme anhand biometrischer Daten.

Biometrische Daten

Einige Dokumente zu diesem Thema:

<http://www.byometric.com>

http://www.theparallax.org/security/guides/general/authentication/ein_biometrie.html