

## ■ Wischen, antippen, aufziehen

Smartphones besitzen immer mehr Funktionen, die mit immer weniger Bedienelementen zu erreichen sind. Möglich macht das eine ausgeklügelte Sensorik im Zusammenspiel von Soft- und Hardware.

So schaltest du's ein. Hier ist deine Musik. Hier sind deine E-Mails. Hier ist das Internet. Und hier... (man hört es klingeln) „... ist dein Anruf.“ Dieser minimalistische TV-Werbespot lief zum deutschen Verkaufsstart des iPhone. Seitdem hat Apples Mobiltelefon die Welt der Handys grundlegend verändert: Eine einfache Bedienung ersetzt verschachtelte Menüs und zahlreiche Tasten. Und obwohl die Funktionsvielfalt der Smartphones weiter zunimmt, bekommt der Nutzer von all den ausgeklügelten Sensoren und komplexen Algorithmen meist gar nichts mit.

Das zentrale Element eines solchen intuitiv bedienbaren Smartphones ist sein Bildschirm, der Eingabegerät, Sensor und Ausgabemedium in einem ist. Er besteht aus einem Dünnschicht-Transistor-Display, über dem sich ein Touchscreen befindet. Die meisten Fabrikate nutzen ein kapazitives Verfahren, um die Bedienung mit den Fingern in elektrische Signale umzuwandeln. Der Touchscreen besteht dazu aus vier Lagen: einer dünnen Deckschicht zum Schutz vor Umwelteinflüssen – Glas ist die hochwertigste Lösung – sowie zwei durchsichtigen Dünnschichtleiterplatten, oft aus Indiumzinnoxid, zwischen denen sich eine nicht leitfähige, transparente dünne Trennschicht befindet. Die beiden Leiterplatten wirken wie ein Kondensator, dessen Feldstärke sich ändert, wenn



Multi-Touch macht's möglich: Mit dem Spreizen zweier Finger kann der Nutzer

nach Belieben den Zoom-Faktor in Browsern oder anderen Apps verändern.

der Nutzer mit seinem Finger das Deckglas berührt. Moderne Touchscreens erkennen noch zuverlässig Kapazitätsänderungen von einigen Femtofarad ( $10^{-15}$  Farad).

### Kapazität zum Blättern

Apples berührungsempfindliches Display war die erste Umsetzung der Multi-Touch-Technik für den Massenmarkt. Dank ihr lassen sich zum Beispiel Bilder mit zwei Fingern auf- und zuziehen, oder der Nutzer kann mit einer wischenden Fingerbewegung durch Listen oder Bilder „blättern“. Für diese Funktionalitäten sind die beiden Elektroden des Touchscreens jeweils als parallel verlaufende, durchsichtige Leiterbahnen strukturiert – bei der einen Elektrode als Spalten, bei der

anderen als Reihen. Dieses Koordinatennetz lässt sich permanent in Form von Kapazitätswerten für alle Kreuzungspunkte elektronisch auslesen.

Ein typischer Smartphone-Touchscreen hat 144 Schnittpunkte, was zunächst keine hohe Ortsauflösung vermuten lässt. Allerdings nutzt der Auswertungsalgorithmus auch die Signale von benachbarten Elektrodenschnittpunkten, um die genaue Position des Fingers zu interpolieren. Daher liefert dieses Verfahren sehr präzise Resultate mit einer effektiven Auflösung von mindestens 1024 mal 1024 Punkten. Mikrocontroller und Treiber reichen ihre Ergebnisse dann an das Betriebssystem weiter, das diese Informationen wiederum in aufbereiteter Form den „Apps“ zur Verfügung stellt.

Nicht bei jedem Smartphone-Touchscreen funktioniert die Erkennung der Fingerberührungen nach dem gleichen Prinzip. Es gibt Unterschiede in der Hardware und vor allem bei den Algorithmen.

Viele Smartphone-Hersteller nutzen die Multi-Touch-Funktion zusätzlich zur Tastensperre: Wenn der Mikrocontroller viele Berührungspunkte gleichzeitig erfasst, interpretiert er dies als Situation,

Michael Vogel,  
vogel\_m@gmx.de

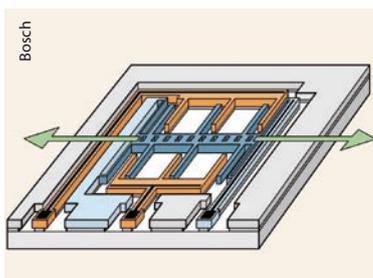
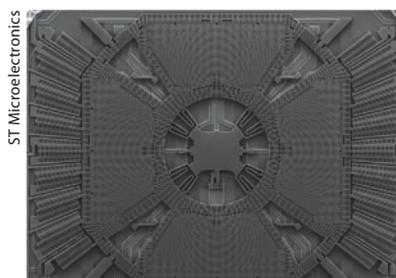


Abb. 1 Wirkt auf den Beschleunigungssensor (links) eine Kraft in Pfeilrichtung, schwingt der Steg (blau), und die Kapazität zwischen beweglichen und festen Fingern (orangefarben) ändert sich. Gy-



rosensoren (rechts, SEM-Bild) funktionieren ähnlich. Verkippen der achteckigen, oszillierenden Prüfmass führt zu Coriolis-Kräften und damit charakteristischen Kapazitätsänderungen der „Kämme“.

in der keine Eingabe erfolgen soll – etwa, weil der Nutzer gerade telefoniert und das Smartphone ans Ohr hält oder weil er es in die Tasche gesteckt hat.

Ein weiteres wichtiges Hardwareelement in heutigen Modellen ist der Beschleunigungssensor. Bei ihm handelt es sich um ein mikro-elektromechanisches Bauteil, das zum Beispiel aus einem flachen Rahmen mit leitfähigen kammartigen Fingern besteht, die von zwei gegenüberliegenden Seiten nach innen ragen (Abb. 1, links). Dort befindet sich ein Steg, von dem nach beiden Seiten ebenfalls leitfähige kammartige Finger abstehen; diese Struktur kann schwingen. Die Finger des Stegs liegen jeweils in den Freiräumen der Finger des Rahmens. Erfährt der Sensor nun eine Beschleunigung, ändert sich die Kapazität zwischen beweglichen und festen Fingern, woraus die Elektronik die Bewegungsrichtung ableitet.

#### Richtig ausgerichtet

Beschleunigungssensoren in Smartphones sind heute als Drei-Achsen-Systeme ausgelegt, können die Komponenten der Beschleunigung also gleichzeitig für alle drei Raumrichtungen erfassen. Das dient beispielsweise dazu, die Display-Ansicht automatisch vom Hochins Querformat umzuschalten, wenn der Nutzer das Gerät um 90 Grad dreht. Natürlich nutzen auch verschiedene Spiele den Sensor. Eine Pedometer-App, also ein Schrittzähler, greift ebenfalls auf die Messdaten des Beschleunigungssensors zu. Ein weiteres Anwendungsbeispiel ist die „Context Awareness“, bei der das Smartphone etwa den Klingelton automatisch abschaltet, wenn der Nutzer es mit dem Display nach unten auf den Tisch legt: Der Beschleunigungssensor misst so nur noch die Erdbeschleunigung – was die Steuerung als Signal zum Stummschalten interpretiert.

Hauptsächlich auf Spiele zielen Gyrosensoren ab, mit denen immer mehr Smartphones ausgerüstet sind. Diese Drehratensensoren – ebenfalls mikro-elektromechanische Bauteile – messen die Rotationsgeschwindigkeit mithilfe

der Coriolis-Beschleunigung: Bei ihnen schwingt eine Prüfmasse mit konstanter Amplitude (Abb. 1, rechts). Erfährt der Sensor nun eine Drehung um eine Achse, die senkrecht zur Schwingung steht, lenkt die Coriolis-Kraft die Prüfmasse senkrecht zu beiden Achsen aus.

Freilich ist die Fantasie der Branche in puncto Sensorik damit noch nicht am Ende. Bereits heute verfügen verschiedene Modelle über GPS-Empfänger. Experten erwarten, dass Smartphones künftig verstärkt mit Magnetometern und kapazitiven Drucksensoren ausgestattet sind. Anwendungen, die Navigationsfunktionen erfordern, gelten dafür als die treibende Kraft. Mit Prototypen ist es damit schon möglich, auch innerhalb von Gebäuden zu navigieren, wo kein Empfang herrscht. Ein Szenario, bei denen diese Art der Navigation wichtig wird, ist die Suche eines bestimmten Ladens in einem Einkaufszentrum. Das Gerät verwendet dabei die letzte Standortbestimmung des GPS-Empfängers, im Gebäude beruht die Navigation dann auf den Messwerten von Magnetometer, Beschleunigungs- und Drucksensor, um den Nutzer zum gewünschten Ziel zu leiten: Seine Positionsänderung ergibt sich in der Ebene aus der Pedometer-Funktion des Beschleunigungssensors und der Himmelsrichtung, die das Smartphone mit seinem Kompass bestimmt, sowie aus der Luftdruckmessung für die dritte Dimension – Drucksensoren erreichen rund 30 Zentimeter Auflösung! Kann das Smartphone sich zudem per Kurzstreckenfunk einen Lageplan des Einkaufszentrums laden, nachdem der Nutzer das Gebäude betreten hat, ist der Weg zum gesuchten Laden nur noch Formsache.

So will die Industrie dem Smartphone-Nutzer aber nicht nur die Orientierung erleichtern, sondern ihm ortsbezogene Informationen anbieten: das günstige Tagesessen im Bistro, vor dem der Nutzer gerade steht, die Sonderangebotswoche drei Läden weiter oder den Haarschnitt ohne Wartezeiten im Frisörsalon gegenüber.

Michael Vogel



L. Schultz / J. Richter /  
H.-F. Wagner (Hrsg.)

## Die Welt hinter den Dingen

Highlights der Physik

2., erweiterte Auflage, 2008.  
186 Seiten, ca. 300 Abb.,  
Gebunden. € 17,90  
ISBN: 978-3-527-40872-6

Wie sehen die PCs von Übermorgen aus? Energie – was ist das eigentlich? Und was machen wir mit unserem Energiebedarf in Zeiten des Klimawandels? Hier sind die Antworten – informativ, spannend und anschaulich. Entdecken Sie die Welt hinter den Dingen!

Die zweite, um die Themenkomplexe Wellen und Energie erweiterte Auflage bietet einen unterhaltsamen Streifzug durch die Physik des 21. Jahrhunderts.

„Wer jedoch dröge physikalische Abhandlungen erwartet, der irrt sich gewaltig ... Hier wird Physik lebendig – Einstein sei Dank!“  
Rhein-Neckar-Zeitung

„In verständlicher Sprache und mit zahlreichen Abbildungen wird dem Leser in dem Buch nähergebracht, welche Rolle die Physik im Alltag spielt.“  
FAZ

„... einfach gut gemacht – ein Streifzug durch Alltagsphysik, Hightech und Spitzenforschung, ein schönes Wissenschaftsbilderbuch.“  
VDI-Nachrichten

Irreum und Preisänderungen vorbehalten.

Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA  
E-Mail: service@wiley-vch.de  
www.wiley-vch.de

 WILEY-VCH