

Der richtige Dreh

Neigungssensoren mit Gyroskop sorgen für die korrekte und sichere Steuerung mobiler Geräte



Bei mobilen Geräten und Fahrzeugen, wie beispielsweise mobilen Betonpumpen, muss die Neigungsmessung stets präzise erfolgen, damit es nicht zu Störungen im Betriebsablauf kommt und schon gar nicht zu Unfällen. Neigungssensoren mit Gyroskop-Korrektur sind für derartige Anwendungen optimal geeignet. Sie verknüpfen Messsignale zu einem korrigierten Ausgangssignal, das den Messwinkel exakt anzeigt - auch unter schwierigen Einsatzbedingungen.

Das Gyroskop

Ein Kreiselinstrument, auch Kreiselstabilisator oder Gyroskop (griechisch für ‚Drehung‘ und ‚sehen‘) genannt, ist ein rasch rotierender, symmetrischer Kreisel, der sich in einem beweglichen Lager dreht. Das Lager kann eine kardanische Aufhängung sein oder ein Rahmen in Form eines Käfigs. Aufgrund der Drehimpulserhaltung weist der Krei-

sel ein hohes Beharrungsvermögen gegenüber Lageänderungen im Raum auf.

MEMS-Sensoren

Eine preisgünstige und dennoch gute Methode für die Neigungsmessung ist der Einsatz so genannter MEMS- (Mikrosystem-) Sensoren dazu zu verwenden. Ein Mikrosystem ist ein miniaturisiertes Gerät, eine Baugruppe oder ein Bauteil, dessen Komponenten kleinste Abmessungen im Bereich von einem Mikrometer haben und als System zusammenwirken. Üblicherweise besteht ein Mikrosystem aus einem oder mehreren Sensoren, Aktoren und einer Steuerungselektronik auf einem Substrat bzw. Chip. Dabei bewegt sich die Größe der einzelnen Komponenten im Bereich von wenigen Mikrometern.

Diese elektronischen Chips sind wenige Mikrometer klein und bestehen aus elektronischen und mikro-

mechanischen Strukturen, das heißt neben den üblichen mikroelektronischen Schaltkreisen sind auch mechanisch bewegliche Strukturen in den Chips vorhanden. Diese Strukturen lenken sich aus, wenn die g-Kraft der Erde auf sie einwirkt. Gleichzeitig ändern sich die von diesen Strukturen gebildeten Kapazitäten (Kondensatoren). Diese werden messtechnisch erfasst, und ein Neigungswinkel wird errechnet und ausgegeben.

Ist eine MEMS Zelle noch weiteren Beschleunigungen neben der Erdbeschleunigung ausgesetzt - sei es durch Erschütterungen oder durch Beschleunigungen in einem Fahrzeug - werden die beweglichen MEMS-Strukturen auch bewegt, und ein verfälschter Neigungswert wird ausgegeben. Die angeschlossene Steuerung reagiert vielleicht falsch und es passiert ein Unglück - beispielsweise mit mobilen Maschi-

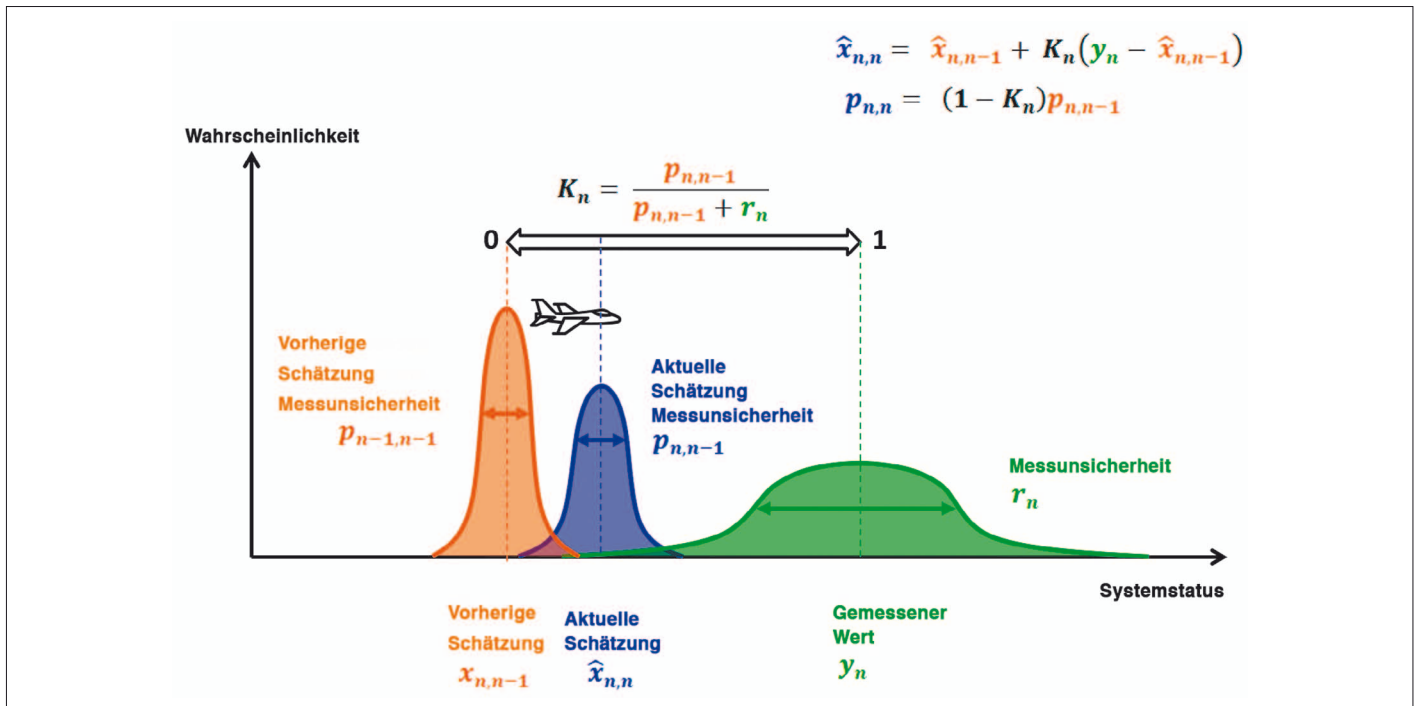


Bild: Kalman Filter in einer Dimension

nen, wie Mobilkränen, Betonpumpen, Gabelstaplern, etc.

Messsignale zusammenführen

An dieser Stelle kommt das Gyroskop ins Spiel. Dabei handelt es sich um einen Drehratensensor, ebenfalls in MEMS-Technologie. Die mikromechanischen Strukturen sind jedoch so gestaltet, dass Winkelgeschwindigkeiten (°/s) gemessen und als Ausgangssignal ausgegeben werden. Es misst also die Änderungen eines Neigungswinkels und nicht den Neigungswinkel an sich, wenn sich das MEMS-Gyroskop um die eigene oder eine verlängerte Achse dreht. Der Vorteil dabei ist, dass die oben genannten linearen Beschleunigungen, die den Beschleunigungs-MEMS-Sensor stören, den Gyroskop-MEMS Sensor nicht beeinflussen, da sie keine Drehung darstellen.

Wie lassen sich diese beiden Sensoren zu einem störungsunempfindlichen Neigungs-Messsystem zusammenfassen?

Sensordatenfusion und Kalman-Filter

Die Lösung ist es, beide Messsignale zusammenzuführen und über einen bestimmten Filter - den Kalman-Filter - zu optimieren. Beim Kalman-Filter handelt es sich um ein

mathematisches Verfahren. Benannt ist das Filter nach seinen Entdeckern Rudolf E. Kálmán, Richard S. Bucy und Ruslan L. Stratonovich, die das Verfahren unabhängig voneinander entdeckt bzw. wesentliche Beiträge dazu geliefert haben.

Diese Filtertechnologie ermöglicht es, den auszugehenden Messwert zu kalkulieren, korrigieren und zu präzisieren, das heißt für eine kurze Zeit vorausschauend zu bestimmen. Dies ist notwendig, da der Beschleunigungssensor bei einwirkenden dynamischen Störbeschleunigungen keinen exakten Neigungsmesswert liefern kann. Stattdessen werden in Echtzeit (<1 ms Zykluszeit) mittels eines rekursiven Algorithmus zunächst die nächsten Ausgabewerte aufgrund der bisherigen Messwerte geschätzt und mithilfe von neuen realen Messwerten ständig optimiert. Damit das Signal des Drehratensensors hinzugenommen werden kann, muss es vorher noch über die Zeit integriert werden. Eine Reihe von Parametern dient schließlich dazu, das System so gut wie möglich zu optimieren, die Messwerte zu glätten und gegebenenfalls an applikationsspezifische Bedingungen anzupassen. Alle möglichen applikationsnahen Simulationen und Messungen bei TWK zeigen, dass das Sensorfusion-System exakt und sicher

arbeitet und Aktualisierungsraten von deutlich weniger als 1 ms ermöglicht, nicht zuletzt durch eine geschickte und ‚platzsparende‘ Programmierung im Controller.

Robust gegen Vibration

Dieses Sensorsystem gewährleistet nicht nur bei mobilen Maschinen einen sicheren, gefahrvermeidenden Einsatz auch während des Betriebes von Motoren, Hydraulikpumpen oder anderer Aktionen, die starke Vibrationen erzeugen. Es misst genauer und schneller, als herkömmliche Sensoren und ist weitgehend unempfindlich gegen Störbeschleunigungen sowie darüber hinaus auch gegen Querneigungsauslenkung. Solche Sensoren sind sehr gut für Applikationen mit dynamischen Anforderungen geeignet, bei denen dennoch präzise Neigungswinkel ständig erfasst und an eine Steuerung übermittelt werden müssen.

Einsatzgebiete der fusionierten Sensoren

Ein gutes Beispiel für die Verwendung der fusionierten Sensoren sind mobile Betonpumpen. Diese Fahrzeuge fahren zu einer Baustelle, werden ausgerichtet, das heißt, der Unterwagen wird horizontal eingestellt, und der Ausleger mit dem Rüssel wird ausge-

fahren. Unterwagen und Ausleger sind mit Neigungssensoren bestückt - soweit in Ordnung. Wenn nun aber die Betonpumpe den Beton befördert, entstehen kurze, aber starke Schläge. Diese auftretenden Beschleunigungen stören die Neigungsmessung. Das Signal des Gyroskops ist trotz der linearen Störbeschleunigung ‚null‘. Der Berechnungsalgorithmus erkennt daraufhin, dass es keine Neigungsänderung gibt und behält den bisherigen Neigungswert bei, der nun MEMS-seitig starken Schwankungen unterliegt. Sollte sich die Neigung genau zum Störzeitpunkt ändern, so gibt das Gyroskop eine Änderung in %/s aus, deren Integral nicht ‚null‘ ist. Beide Werte werden vom Kalman-Filter betrachtet und wiederum zur Generierung eines brauchbaren Neigungswertes verwendet.

Die kombinierten Sensoren haben einen Arbeitstemperaturbereich von -40 bis +85 °C und messen Neigungswinkel bis ±100° bei einer Auflösung von 0,01° und einer Genauigkeit im Bereich von ±0,1°. Die Reaktionszeit liegt bei 0,1 s. Es kann ein- oder zweiachsig gemessen werden. Das stabile Aluminiumgehäuse hält bei einer Schutzart von IP67 auch widrigen Umweltbedingungen problemlos Stand. Schutzarten bis IP69K sind möglich. ◀