

Mittelungen / Filterarten

Einleitung

Das Ausgangssignal von Sensoren unterliegt häufig Einflüssen, welche die Interpretation und Weiterverarbeitung des Signals erschweren. Rauschen in verschiedenen Ausprägungen, ungültige Messwerte oder Signalpeaks sind einige der Effekte, die durch eine geschickte Mittelungs- oder Filtereinstellung reduziert werden können.

Messwertmittelung

Die Auswahl einer Messwertmittelung wird für statische oder sich langsam ändernde Messwerte empfohlen. Die Mittelung kann je nach Sensortyp für die Messwerte oder das Videosignal erfolgen. Die Mittelung der Messwerte erfolgt im Sensor nach der Berechnung der Abstandswerte und vor der Ausgabe über die ausgewählte Schnittstelle.

Die Messrate bzw. Datenrate ist unabhängig von der Mittelung, jedoch kann eine Reduzierung der Ausgaberate erfolgen. Je nach Produktgruppe sind verschiedene Mittelungen möglich, die kurz vorgestellt werden.

Arithmetischer Mittelwert

Über die wählbare Anzahl N aufeinanderfolgender Messwerte wird der arithmetische Mittelwert M gebildet und ausgegeben. Diese Methode führt zu einer Reduzierung der ausgegebenen Datenmenge, da die Messwerte zunächst gesammelt werden und eine Ausgabe nur nach jedem N-ten Messwert erfolgt.

Beispiel mit N=3

.... 01234... wird zu $\frac{2+3+4}{3}$ Mittelwert n

.... 34567... wird zu $\frac{5+6+7}{3}$ Mittelwert n + 1

Gleitender Mittelwert

Über die Anzahl N (1...128) aufeinanderfolgender Messwerte (Fenster) wird der arithmetische Mittelwert gebildet und nach folgender Formel ausgegeben

$$M_{gl} = \frac{\sum_{k=1}^N MW(k)}{N}$$

MW = Messwert
 N = Mittelungszahl
 k = Laufindex (im Fenster)
 M_{gl} = Mittelwert bzw. Ausgabewert

Beispiel mit N=7

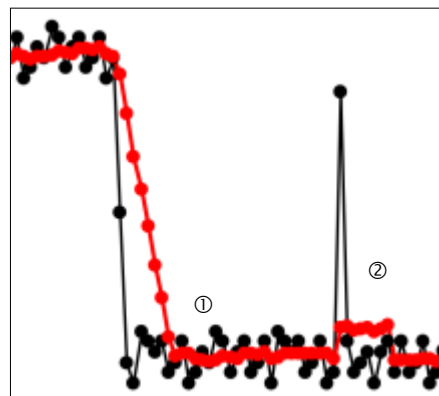
.... 012345678 wird zu $\frac{2+3+4+5+6+7+8}{7}$ Mittelwert n

.... 123456789 wird zu $\frac{3+4+5+6+7+8+9}{7}$ Mittelwert n + 1

Dabei wird zum Fenster ein neuer Messwert hinzugenommen und der älteste Wert im Fenster entfernt. Dadurch können kurze Einschwingzeiten auch bei größeren Messwertsprüngen erreicht werden.

Hinweise zur Anwendung des gleitenden Mittels:

- Verwendet zum Glätten von Messwerten
- Dosierbare Wirkung über die Anzahl N der Messwerte. Je höher die Anzahl gewählt wird, umso stärker werden die Werte geglättet
- Bei gleichmäßigem Rauschen ohne Spikes
- Bei geringer Oberflächenrauigkeit
- Für kurze Einschwingzeiten



Signal mit (rot) und ohne (schwarz) gleitender Mittelung

In der Abbildung ist die Wirkung des gleitenden Mittelwertes zu sehen. Die Werte schwingen sich schnell ein ①, wobei Spikes eine erkennbare Auswirkung über die Fensterbreite ② auf den gemittelten Wert haben.

Rekursiver Mittelwert

Die rekursive Mittelung ermöglicht eine sehr starke Glättung der Messwerte, hat jedoch erhöhte Einschwingzeiten bei Messwertsprüngen zur Folge. Jeder neue Messwert $MW(n)$ wird gewichtet zur Summe der vorherigen Messwerte $M_{rek}(n-1)$ hinzugefügt. Die Berechnung erfolgt nach folgender Formel:

$$M_{rek}(n) = \frac{MW(n) + (N-1) \times M_{rek}(n-1)}{N}$$

MW = Messwert
 N = Mittelungszahl
 n = Messwertindex
 M_{rek} = Mittelwert bzw. Ausgabewert

Beispiel mit N=8

1. Messwert = 5,
 2. Messwert = 6,
 3. Messwert = 4,
- $M_{rek(n-1)} = 3$ (Annahme für erste Berechnung)

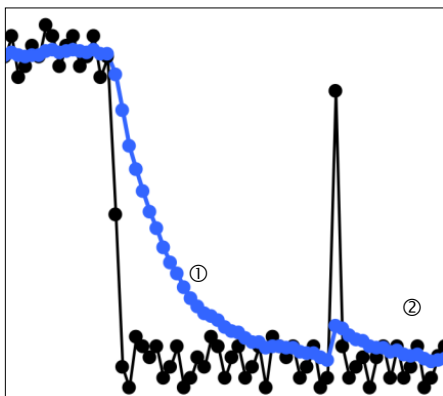
1. Wert $3,25 = \frac{5+7 \times 3}{8}$

2. Wert $3,59 = \frac{6+7 \times 3,25}{8}$

3. Wert $3,64 = \frac{4+7 \times 3,59}{8}$

usw.

Mit der Mittelungszahl N (1...32768) kann die Wirkung der rekursiven Mittelung dosiert werden. Je größer N gewählt wird, umso stärker wirkt die Glättung, wobei die Einschwingzeit aber auch steigt.



Signal mit (blau) und ohne (schwarz) rekursiver Mittelung

In der Abbildung ist deutlich das langsame Einschwingverhalten ①, aber auch die starke Glättung ② durch die rekursive Mittelung erkennbar.

Median

Mit dem Median werden die Werte einer vorgegebenen Anzahl von Messwerten ihrer Größe nach sortiert und der mittlere Wert (nicht Mittelwert) ausgegeben. Dabei können 3, 5, 7 oder 9 Werte (ungerade Anzahl) zur Medianbildung herangezogen werden. Der Median wird als Filterart hauptsächlich zur Unterdrückung einzelner Störimpulse verwendet. Die eigentliche Glättung des Signals ist beim Median nicht sehr stark, jedoch kann eine zusätzliche Mittelung nach der Medianbildung verwendet werden.

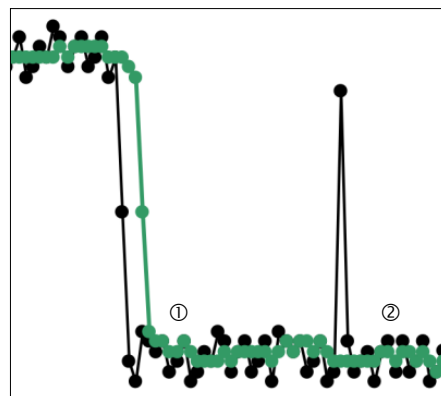
Beispiel mit N=7

... 240124513 Messwert sortiert 0112345 Median $n = 2$

... 401245134 Messwert sortiert 1123445 Median $n_{+1} = 3$

Hinweise zur Anwendung des Median:

- Unterdrückt einzelne Störimpulse
- Bei kurzen, starken Signalpeaks (Spikes)
- Bei Kantensprüngen
- Bei rauer, staubiger oder schmutziger Umgebung zur Eliminierung der Schmutzpartikel



Signal mit (grün) und ohne (schwarz) Median

In der Abbildung ist die Unterdrückung des einzelnen Signalpeaks ② zu sehen. Messwertsprünge hingegen folgt das Signal schnell und ohne lange Einschwingzeiten ①.

Eine weitere Möglichkeit zur Optimierung der Messergebnisse ist die Verwendung von Filtern. Im Gegensatz zur Mittelung werden bei Filtern Werte nur unter bestimmten Voraussetzungen ausgegeben oder unterdrückt. Ein neu entwickelter Filter von Micro-Epsilon ist die

Dynamische Rauschunterdrückung (dynamic noise rejection)

Dieser Filter entfernt das Rauschen der Messwerte, behält aber trotzdem die ursprüngliche Bandbreite des Messsignals bei. Dazu wird das Rauschband dynamisch berechnet und eine Messwertänderung erst ausgegeben, wenn das Rauschband über- oder unterschritten wurde. Werteänderungen innerhalb der dynamisch berechneten Grenzwerte gehen jedoch als Information verloren. Der Wert, der eine Signaländerung hervorruft, ist in etwa um den Faktor 3 größer, als das berechnete Rauschen. Bei Richtungsänderungen im Signal treten aufgrund der Grenzwerte kleine Hysterese Effekte auf, da diese erst überschritten werden müssen um, eine Änderung hervorzurufen. Im Gegensatz zu anderen Mittelungsarten liegt der dynamischen Rauschunterdrückung keine Definition aus der klassischen Statistik zugrunde, sondern ein von Micro-Epsilon entwickelter Algorithmus.

Hinweise zur Anwendung der dynamischen Rauschunterdrückung:

- Für statische und dynamische Messungen geeignet
- Ursprüngliche Bandbreite bleibt erhalten
- Geeignet, wenn die Genauigkeit des Messsystems nicht voll ausgereizt werden muss
- Signaländerungen in der Größenordnung des Rauschbandes gehen verloren



Filterbeispiel: ungefiltert (blau) – gefiltert (grün)

Die Abbildung zeigt das rauschfreie, gefilterte Signal unter statischen und dynamischen Bedingungen.

Kantenfilter

Der Kantenfilter glättet Signale an Übergängen wie etwa Kanten oder Oberflächenänderungen und verhindert dadurch ein Überschwingen des Signals. Kanten können dadurch präzise erfasst und eine Verschleifung (Anstiegsänderung) des Signals verhindert werden. Die Filterschwelle kennzeichnet dabei den Wert, der überschritten werden muss um als Signaländerung und nicht als Oberflächenrauheit erkannt zu werden

Bei Aktivierung des Kantenfilters erfolgt die automatische Einstellung folgender Parameter:

- Messanordnung: diffuse Reflexion oder direkte Reflexion - Abstandsmessung
- Zu messender Peak: Erster Peak
- Videomittelung: keine Mittelung
- Datenauswahl: Abstand

Übersicht der Einsatzgebiete von Mittelungen/Filter:

	Volle Datenrate	Gleichmäßiges Rauschen ohne Spikes	Unterdrückung von Spikes	Kurze Einschwingzeiten	Starke Glättung
Arithmetisches Mittel	--	+	-	+	-
Gleitendes Mittel	+	+	-	-	+
Rekursives Mittel	+	+	-	--	++
Median	+	-	++	+	--
Dyn. Rauschunterdrückung	+	++	--	++	-
Kantenfilter	+	-	+	+	-