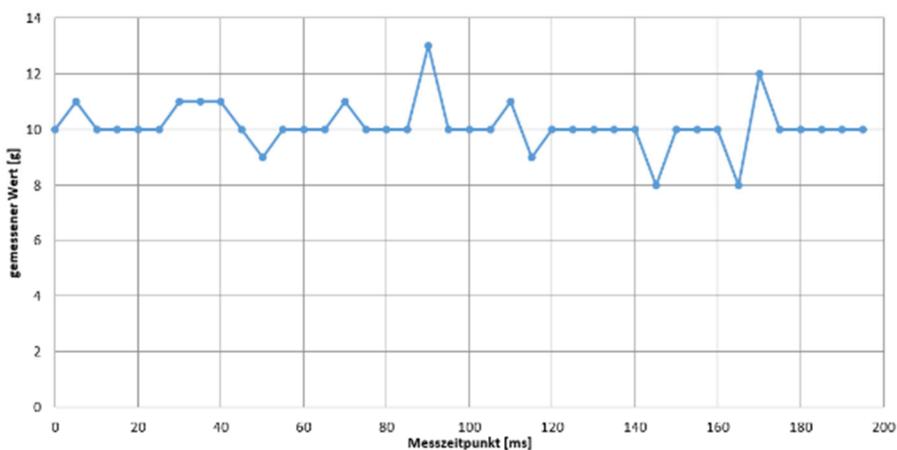


## 1. Messwertverarbeitung – äußere Störungen und Mittelwertbildung

Sie messen das auf einer Saitenschwingwaage liegende Gewicht in regelmäßigen Abständen von **5 Millisekunden**. Hieraus erhalten Sie die **Messreihe R1**.

Da die Messwerte durch äußere Störungen schwanken (siehe Messreihe R1), führen Sie eine **Mittelwertbildung** als Messwertverarbeitung ein. Diese soll dazu dienen, kurzzeitige Schwankungen der Messwerte in der weiteren Verarbeitung zu vermeiden und ein eindeutiges Gewicht zu ermitteln. Hierzu bilden Sie jeweils aus einer Anzahl von Messwerten einen Mittelwert, der weiterverarbeitet wird.

**Messvorgang R1: Gewichtsschwankungen einer Waage**



Zu Berechnung der Mittelwerte dienen Ihnen die **Funktionen M2, M4, M8 und M16**, die jeweils die genannte Zahl an Messwerten (für M2 jeweils zwei Messwerte, für M16 jeweils 16 Messwerte) mittelt. Ein Mittelwert lässt sich zu dem Zeitpunkt berechnen, wenn alle früheren Messwerte sowie der aktuelle Messwert zur Verfügung stehen. Die Waage kann **nur ganze Zahlen** anzeigen. Um Nachkommastellen zu vermeiden, wird der jeweils berechnete **Mittelwert gerundet** und zwar für Nachkommawerte  $\geq 0,5$  zu 1 und für Nachkommawerte  $< 0,5$  zu 0 („kaufmännisches Runden“).

### 1A) Mittelwertberechnung R1

Berechnen Sie die Mittelwerte im Zeitverlauf der Messreihe **R1** nach den Funktionen M2, M4, M8 und M16 und tragen Sie diese in die Tabelle ein (weiße Bereiche). Verwenden Sie hierzu die Vorlage zu Abgabe.

### 1B) Stabilität Mittelwerte R1

Welche der Funktionen M2, M4, M8 und M16 gewährleisten Ihnen eine stabile Anzeige des gemittelten Gewichts ohne Schwankungen des Wertes für die **Messreihe R1**?

### 1C) Verarbeitungsfrequenz $F_v$

Das Gewicht soll mit einer Frequenz von mindestens  **$F_v=20$  Hertz** verarbeitet werden, so dass **immer ein aktuell berechneter Mittelwert** zur Verfügung steht und kein Wert mehrfach verwendet werden muss. Welche Funktionen M2, M4, M8 und M16 lassen sich verwenden?

## 2. Implementierung Mittelwertbildung

Im Weiteren verwenden Sie den Simulator ESSim aus dem Termin 4 für die Simulation von Messungen mit Ihrer Implementierung zur Prescalereinstellung. Sie erweitern den Simulator ESSim nun um die Funktionalität zur Mittelwertbildung.

Diese sollen jeweils den Mittelwert aus einer Anzahl von Messwerten bilden. Im Simulator ist hierfür in der Datei `ESSim/src/stb_scales.c` die Frequenzbildung einer Saitenschwingwaage anhand eines Gewichtsverlaufs implementiert. Weiterhin finden Sie als Messung ein Array `measurement`, welches einen Messwertverlauf enthält, der als Eingabe der Simulation dient. Neben dem Array von Datenpunkten sind die Zeitdauer eines Messpunktes sowie die Anzahl Messpunkte angegeben.

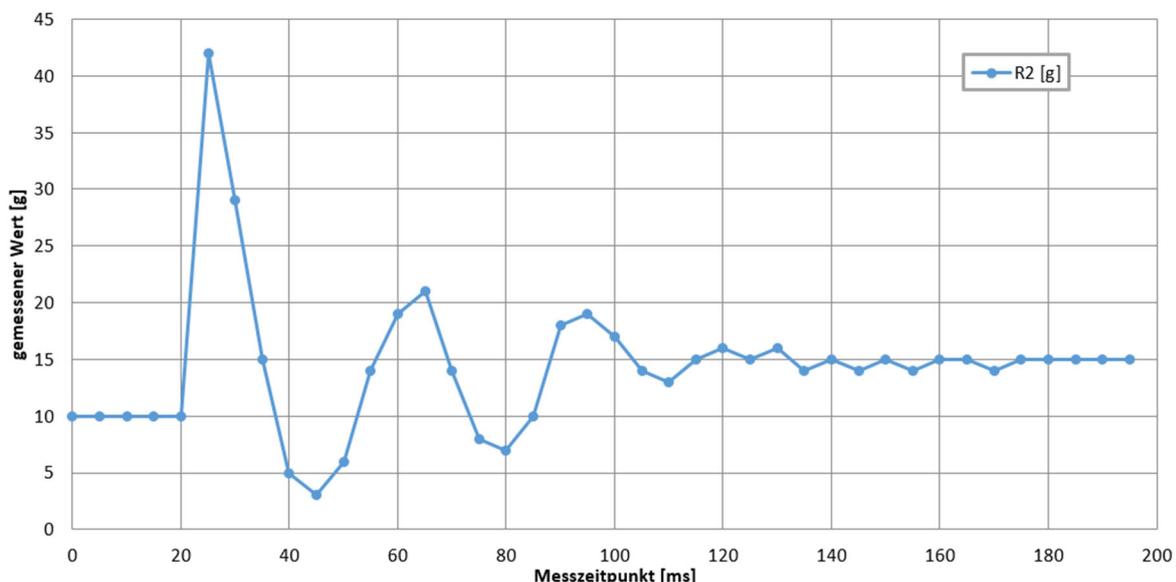
In der Datei `usr_main4.c` ist das Beispiel einer Messung implementiert. Mit dem Trace-Flag `TRACE_USR` gibt diese Funktion die aus der Frequenzmessung der Waage ermittelten Gewichte in eine CSV-Datei zur weiteren Verwendung aus.

Modifizieren Sie die Funktion `measurement()` so, dass Sie eine Anzahl von `MEASUREMENTS` Messwerten zu einem Mittelwert nach den Methode des kaufmännischen Rundens zusammenfasst. So können Sie im Weiteren durch die Angabe von `MEASUREMENTS` Ihre Simulation konfigurieren.

### **Messvorgang R2 (zusätzliches Gewicht):**

Die Waage benötigt bei einem Wechsel des Gewichts eine gewisse Zeit, bis sie stabile Messwerte anzeigt. So wird beim Auflegen eines zusätzlichen Gewichts zuerst ein zu hohes Gewicht angezeigt. Der Bewegungsimpuls beim Auflegen erscheint zuerst wie ein größeres Gewicht. Hierauf reagiert die Mechanik der Waage so, dass kurz danach ein zu kleines Gewicht erscheint. Das Gewicht pendelt. Nach einigen Schwankungen stellt sich das tatsächliche Gewicht ein. Diese Messkurve ist im Simulator standardmäßig in der Datei `ESSim/src/stb_scales.c` hinterlegt.

### **Messvorgang R2: zusätzliches Gewicht auf einer Waage**

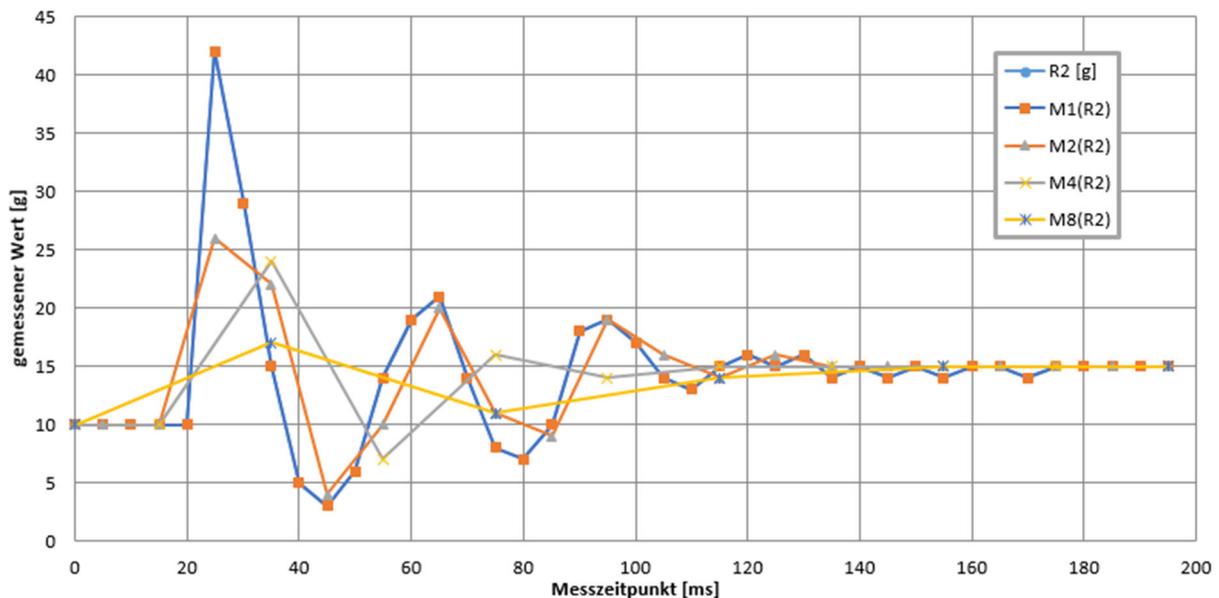


### 3. Messwertverarbeitung – Gewichtswechsel

#### 3A) Simulation mit Mittelwertbildung

Führen Sie Simulationen ohne Mittelwertbildung und mit 2, 4, 8 und 16 Messwerten zur Mittelwertbildung durch. Im Ordner Termin5 finden Sie ein Spreadsheet `Diagramm_R2.ods`, in dem bereits Zahlenreihen als Beispiel vorhanden sind. Fügen Sie hier Ihre Messwerte ohne Mittelwertbildung M1 sowie die weiteren Messungen mit einer Verarbeitung mit Mittelwerten ein. Was lässt sich an den Messergebnissen beobachten?

Folgende Abbildung zeigt das Diagramm auf Basis der theoretischen Werte alle 5 Millisekunden, die sich durch Berechnung aus der Datenreihe ergeben.



#### 3B)

##### Vergleich mit Diagramm der Simulationsergebnisse R2

Stellen Sie die Ergebnisse Ihrer Simulationen in einem vergleichbaren Diagramm dar. Wie oft werden Messungen durchgeführt? Wo erkennen Sie Abweichungen im Kurvenverlauf? Diskutieren Sie die Einflüsse, die zu Abweichungen führen. Hinweis: Beachten Sie, dass die Simulation zwei Frequenzen kontinuierlich simuliert und die Triggerflanken die Zeitmessung durch den Timerbaustein vorgeben.

#### 3C) Wahl der Mittelwertfunktion

Im praktischen Einsatz verwenden Sie die Waage als **Küchenwaage**, um Zutaten bei der Zubereitung eines Gerichts abzuwiegen. Wählen Sie aus der Nutzersicht das Kriterium aus den Möglichkeiten 1-4, welches für die Implementierung vorrangig sein sollte:

- 1) Die Mittelwertbildung soll möglichst schnell Mittelwerte liefern und eine schnelle Anzeige ermöglichen.

- 2) Die Mittelwertbildung soll möglichst viele Messwerte verwenden, um möglichst genau zu sein.
- 3) Die Mittelwertbildung soll möglichst stabile Werte liefern, um ein ständiges Flackern der Anzeige zwischen verschiedenen Werten zu vermeiden.
- 4) Die Mittelwertbildung soll möglichst wenig Rechenaufwand erzeugen.

**3D) Wahl der Mittelwertbildung**

Wählen Sie eine der Funktionen M2, M4, M8 und M16 aus, die dem unter 3C) gewählten Kriterium entspricht.

Vergleichen Sie dies mit dem Ergebnis, wenn eine minimale Verarbeitungsfrequenz von Messwerten eingehalten werden müsste (siehe Aufgabe 1C).

**3E) Freies Experimentieren mit dem Simulator**

Sie erstellen sich eigene Datenreihen und simulieren das Verhalten der Waage.

Was sind Testfälle? Was sind realistische Verläufe? Beispiele:

- zeitweise Finger auf der Waage
- Gegenstand wird von der Waage genommen
- Ruckeln an der Waage

**Meilenstein:**

Sie haben den Simulator wie gefordert erweitert und haben verstanden, wie Sie die Anforderungen nach möglichst häufigem Messen und möglichst stabilen Messwerten miteinander abwägen können.