



X-706: Erstuntersuchungen

Messungen an 3 Prototypen, Vergleich mit Gefran SB-46

Mirco Huber
X-Sensors AG
Landenbergerstrasse 13
CH-8253 Diessenhofen

4. Dezember 2024

1 Warmlaufverhalten

Das Warmlaufverhalten war schon beim analogen Sensor deutlich bemerkbar. Der Sensor erfährt thermische Spannungen, wenn die Speisung eingeschaltet wird. Bis sich die Temperatur und die daraus resultierenden Spannungen homogenisieren / stabilisieren, weisen die DMS eine Signaländerung auf, welche aufgrund der massiven Verstärkung (Fullscale bei $30\mu\varepsilon$) auf dem Ausgangssignal deutlich sichtbar sind.

Untenstehend ist das Warmlaufverhalten des unverspannten Sensors über einen Zeitraum von 30min abgebildet. Weiter wurde eine PT-1-Kurve mit der Charakteristik

$$u(t) = A \cdot (1 - e^{-b \cdot t + c}) + d \quad (1)$$

mittels Least squares in die Messdaten gefittet. Daraus lässt sich eine Zeitkonstante τ von 85s ermitteln, womit sich das Signal nach $3 \cdot \tau \approx 4.5\text{min}$ stabilisiert hat.

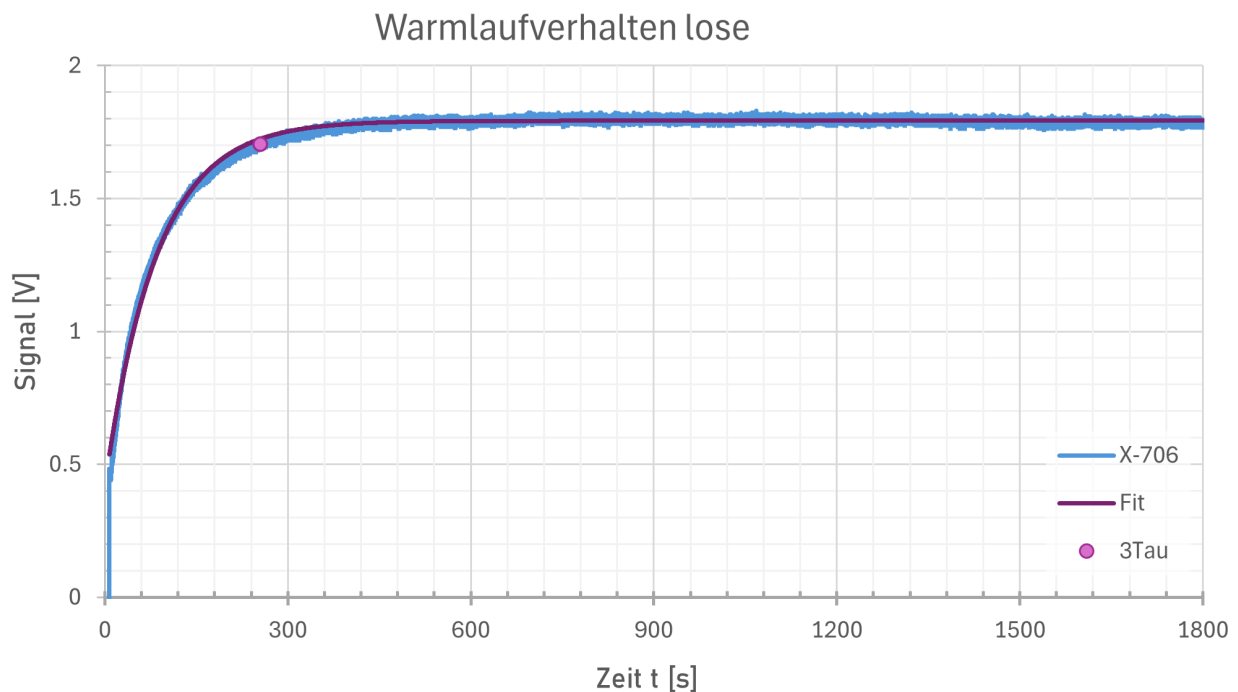


Abbildung 1: Warmlaufverhalten lose

Beim betrachten der zeitlichen Ableitung dieses Drifts fällt auf, dass die Signal-Änderung pro 10 Sekunden bereits 30 Sekunden nach dem Einschalten der Speisung unter $0.1V/10s$ beträgt. Wird also vor jedem Zyklus tariert und dauert ein Zyklus weniger als 10s, liegt der Nullpunkt-Drift 30 Sekunden nach anlegen der Speisespannung bei rund 1% ($0.1V$ bezogen auf $9.5V$ Fullscale).

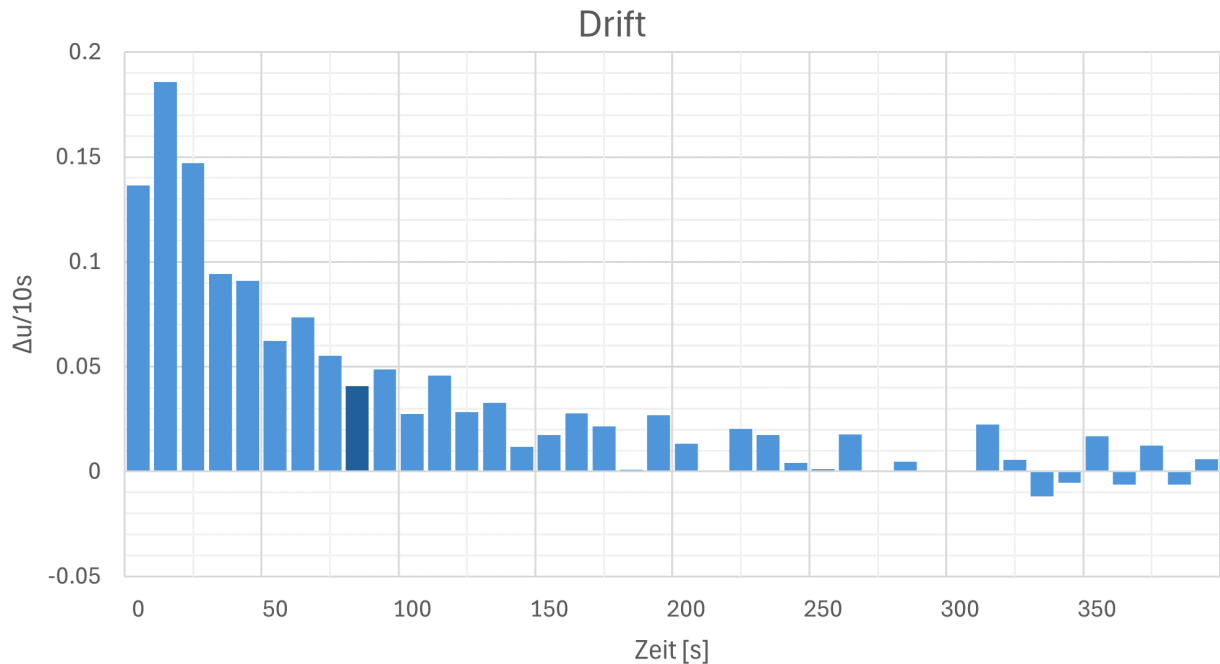


Abbildung 2: Warmlauf-Drift pro 10 Sekunden ab Start: Ab 80s (dunkle Säule) ist der Drift vernachlässigbar ($\Delta U/\Delta t \leq 50mV$), wenn zyklisch / alle 10s tariert wird.

Zusammengefasst kumuliert sich der Drift ohne zyklische Tarierung in den ersten rund 5 Minuten zu einem Offset von $\approx 1.3V$. Wird mindestens alle 10s tariert, beläuft sich der zeitliche Drift 30s nach Einschalten der Speisung auf maximal 0.1V, mit zunehmender Dauer kleiner werdend, bis er im Bereich des Rauschens liegt ($\pm 30mV$)

2 Untersuchung aufgespannter Sensor

Bisherige Messungen wurden in unverschraubtem Zustand durchgeführt. Für alle kommenden Untersuchungen wurde unten dargestellter Testaufbau verwendet: X-706 und SB-46 wurden auf einer Zugstange mit den vorgeschriebenen Drehmomenten (SB-46: 7Nm, **X-706: 5Nm**) aufgeschraubt. Sie wurden parallel von einem Labornetzteil gespeist und die Tarier-Leitungen sind parallel geschaltet, womit die Sensoren simultan tariert werden können.

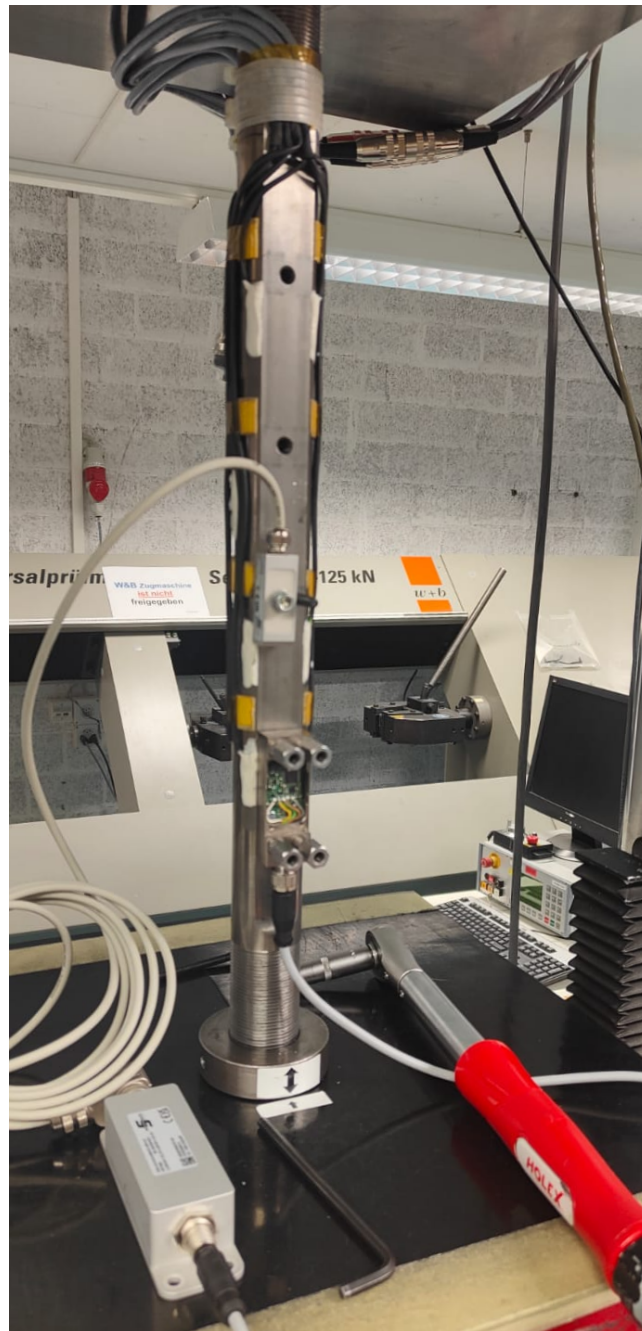


Abbildung 3: Versuchsaufbau “aufgespannt” auf Zug-Prüfmaschine

2.1 Warmlaufverhalten in aufgeschraubtem Zustand

Der Sensor zeigt im aufgespannten Zustand einen massiven Drift in den ersten 3 Minuten nach einschalten der Speisung. Der thermische Effekt ist auf die zu Beginn inhomogene Wärmeverteilung zurückzuführen, welche mechanische Spannungen aufbaut und aufgrund der starken Verstärkung bei dem geringen Fullscale von $30\mu\epsilon$ auf das Signal durchschlägt.

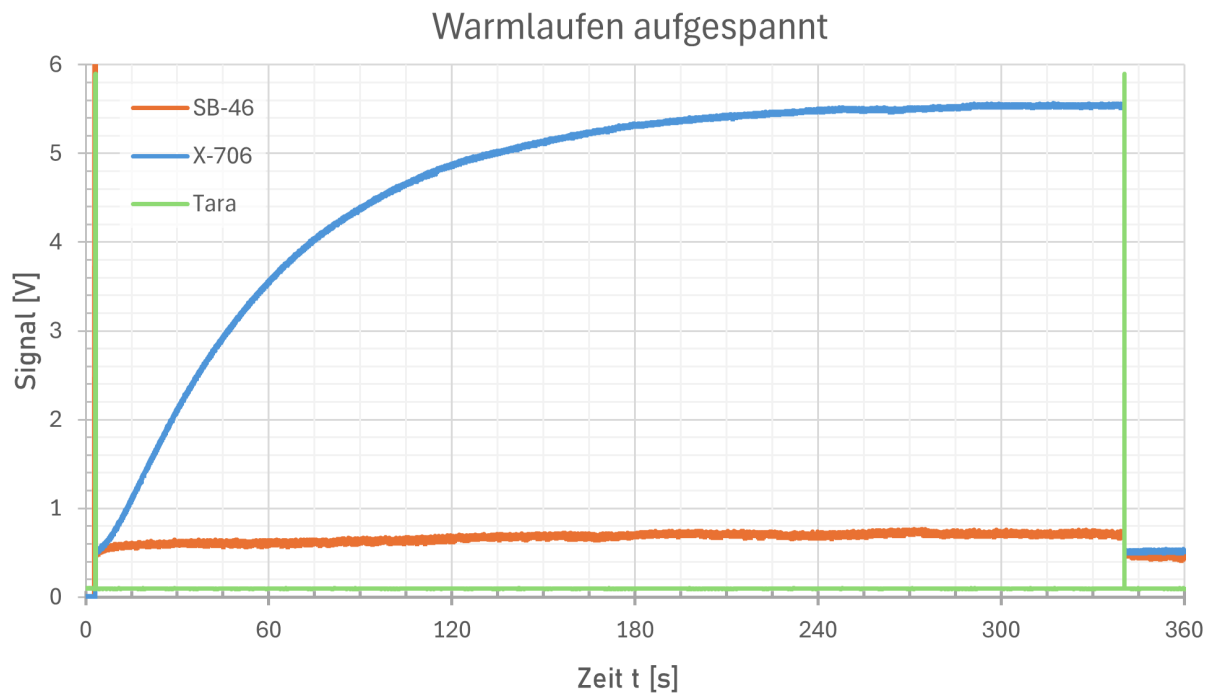


Abbildung 4: Warmlaufverhalten in aufgeschraubtem Zustand

Wird auch bei diesem Warmlaufverhalten die zeitliche Ableitung berücksichtigt, zeigt sich, dass der Drift für Zeitinkremente vom $\Delta t = 10s$ nach 2 Minuten auf unter 0.1V und nach 3 Minuten unter 50mV fällt.

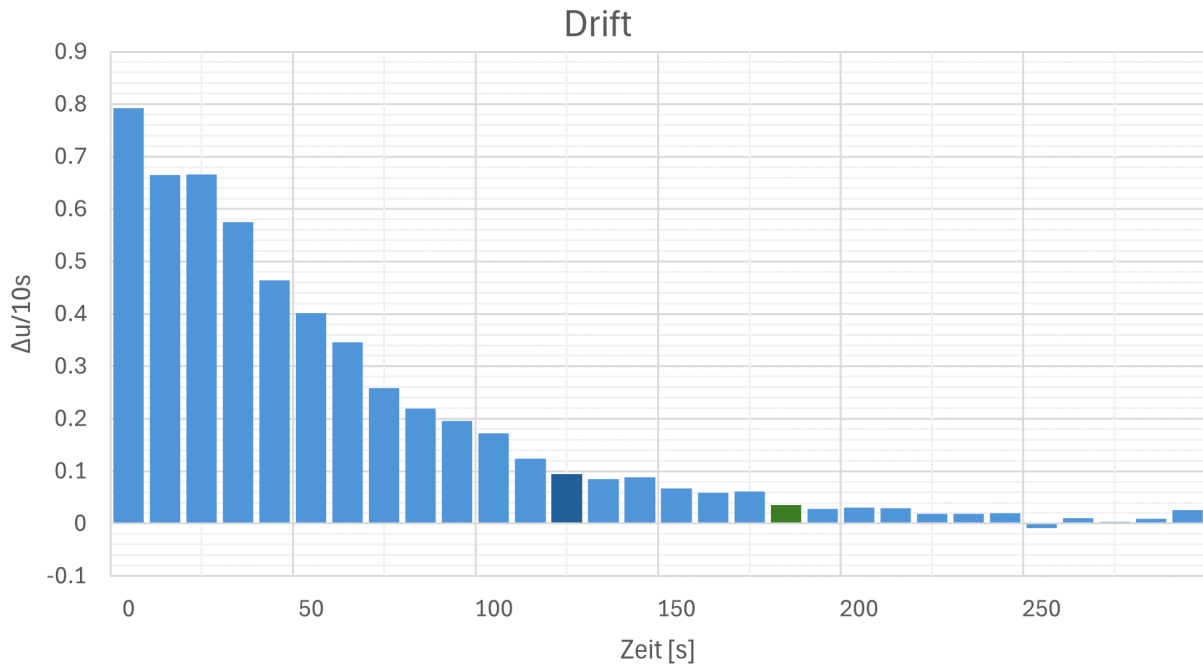


Abbildung 5: Zeitliche Ableitung des Warmlaufdrifts: $\Delta U / \Delta t$ nach 2min $< 100mV/10s$
(dunkelblaue Säule) und nach 3min $< 50mV/10s$

2.2 Tarierdauer / -verhalten

Um das Tarierverhalten aufzuzeichnen, wurden die Sensoren auf der Zugstange vorbelastet (Signal $\ll 0V$) und anschliessend tariert. Die Signale wurden mit 10kHz abgetastet, das Tariersignal wurde auf das Intervall $[0,1]$ skaliert.

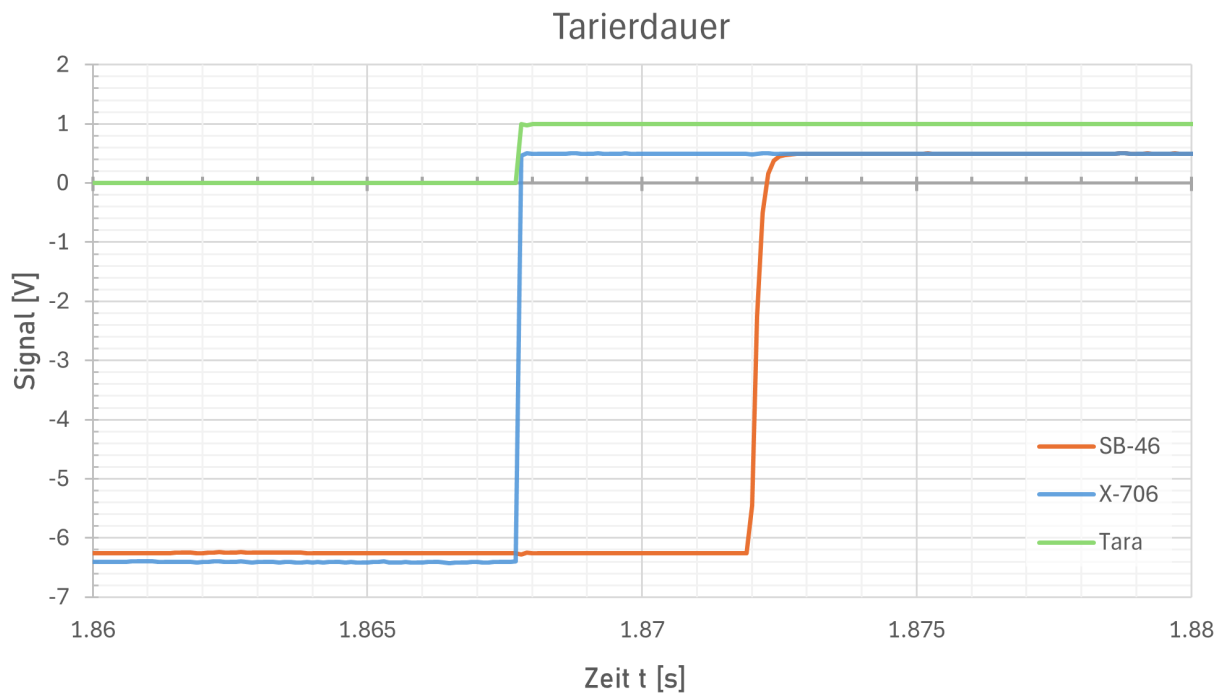


Abbildung 6: Direktvergleich Tarierdauer bei simultan angelegtem Tariersignal

Die Abbildung 6 zeigt, dass der neue Print im μs -Bereich tariert und den Signalausgang bei steigender Flanke auf 0.5V setzt. Das Ausgangssignal ist fixiert, solange das Tariersignal *HIGH* ist. Das Rauschverhalten während anliegendem (*HIGH*) und nach gelöstem (*LOW*) Tariersignal ist in Abbildung 7 visualisiert.

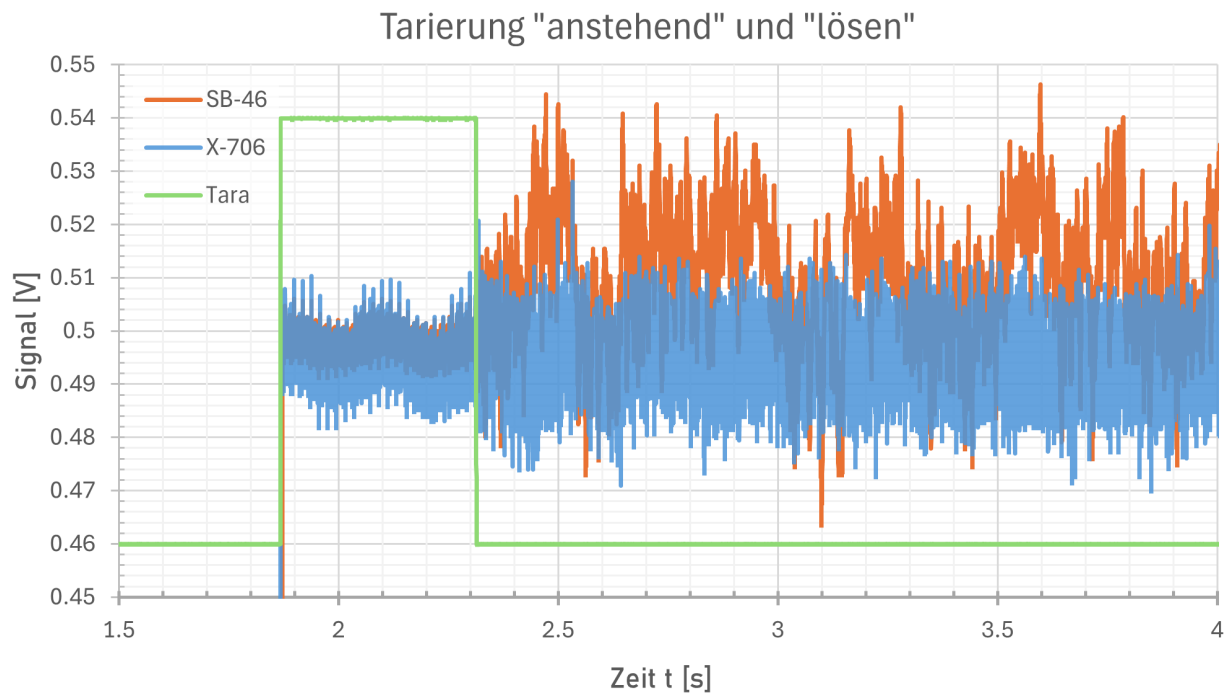


Abbildung 7: Rauschverhalten während Tariervorgang

Die Messung wurde für den Vorgang *Tarierung lösen* über einen Zeitraum von 10s wiederholt (Abtastrate 1kHz), um das Rausch- und Driftverhalten besser zu analysieren.

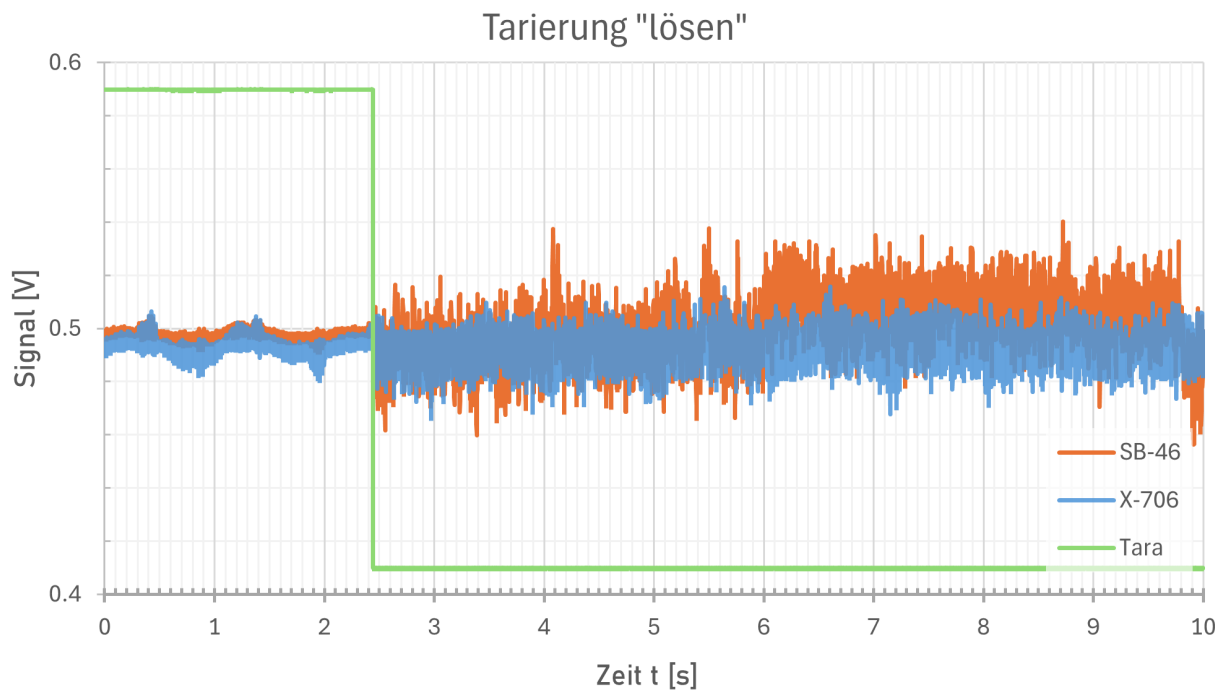


Abbildung 8: Zeitstabilität / Drift nach Tarierung