



X-706: Erstuntersuchungen

Messungen an 3 Prototypen, Vergleich mit Gefran SB-46

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

13. September 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.

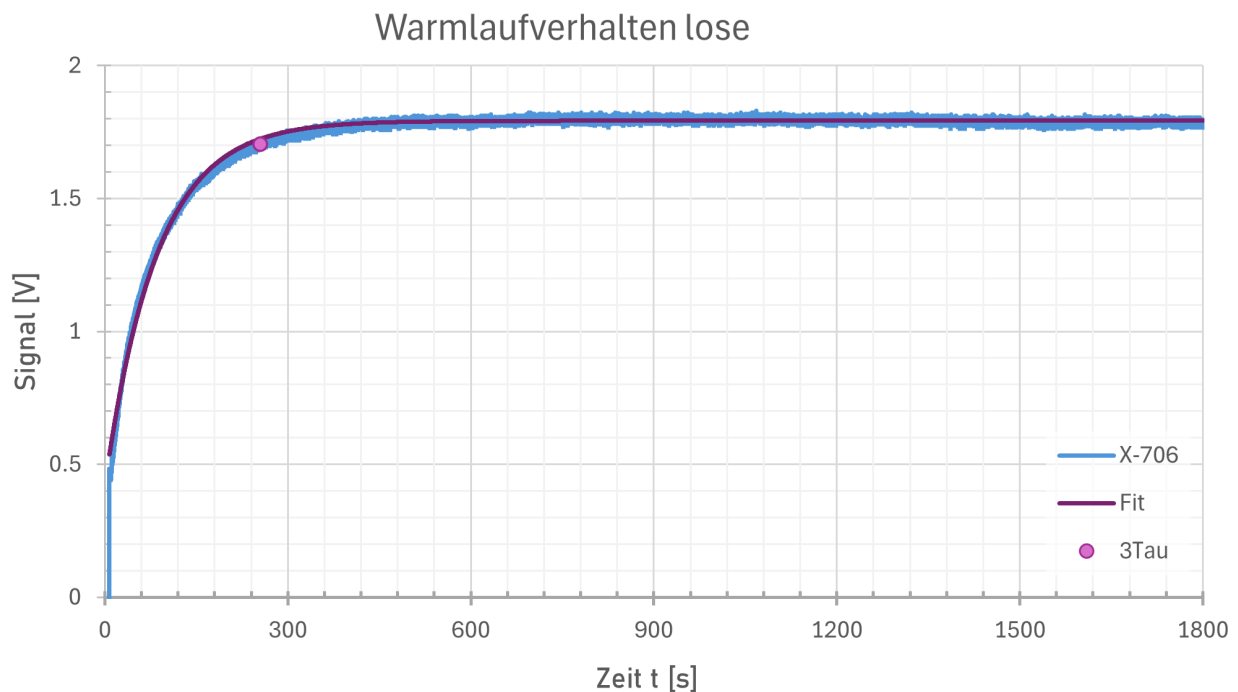


Abbildung 1: Warmlaufverhalten lose

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).

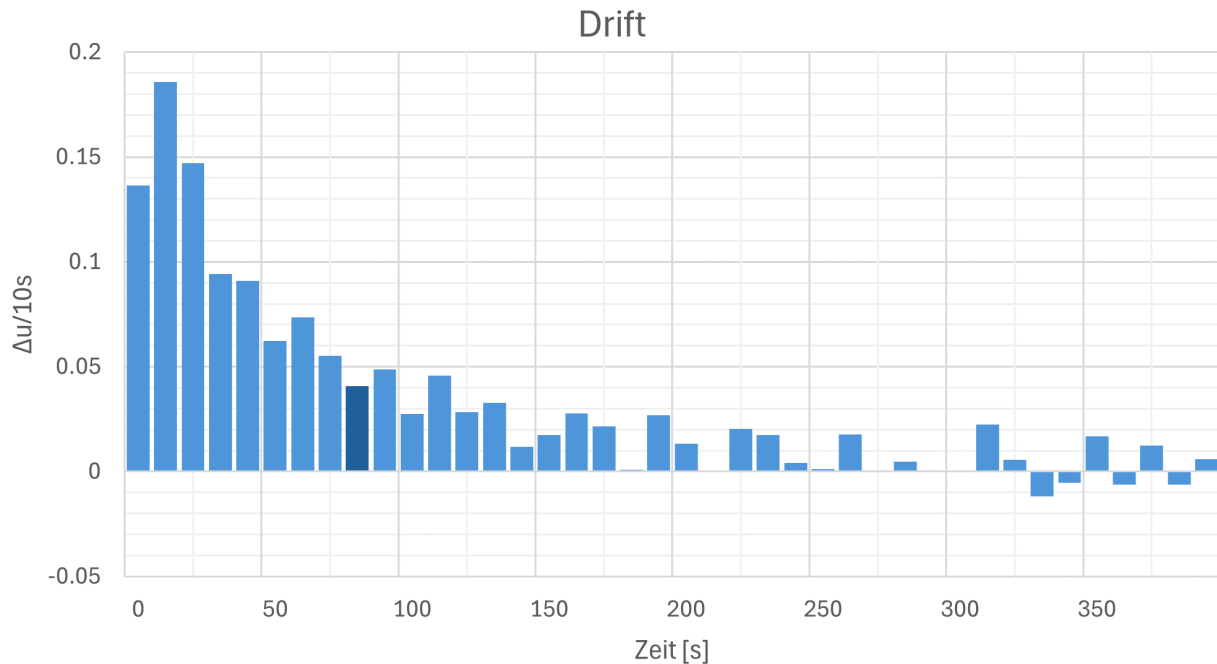


Abbildung 2: Warmlauf-Drift pro 10 Sekunden ab Start: Ab 80s (dunkle Säule) ist der Drift vernachlässigbar ($\Delta U/\Delta t \leq 50mV$), wenn zyklisch / alle 10s tariert wird.

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.

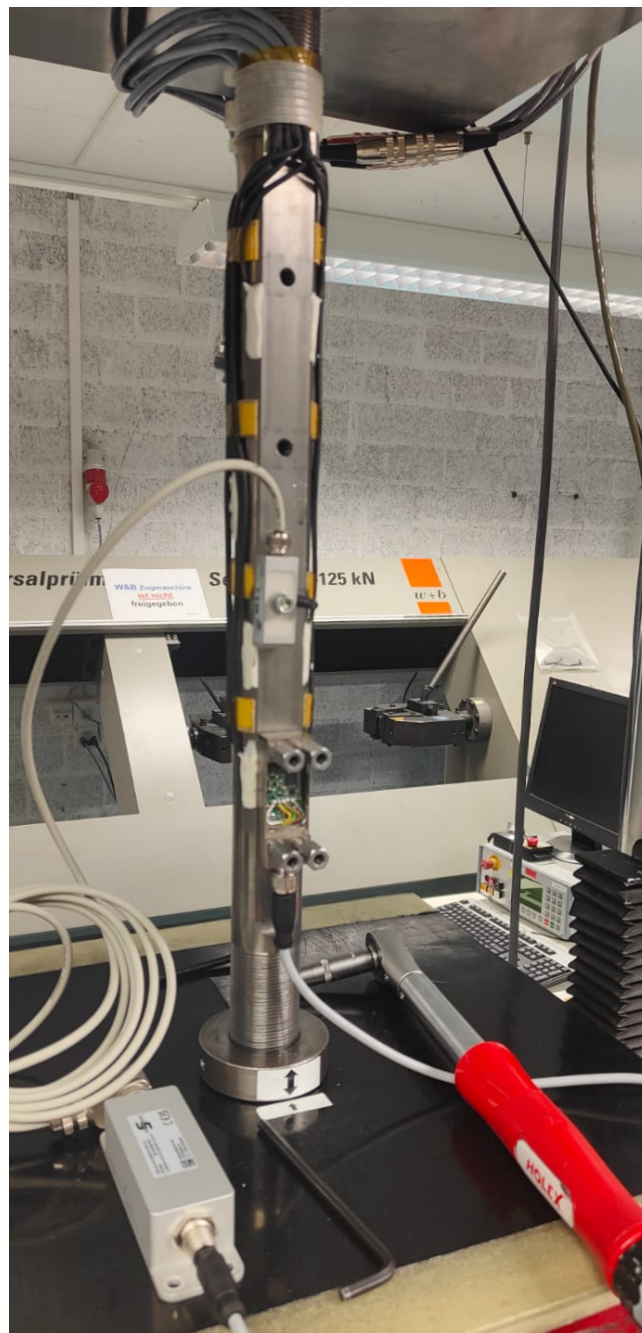


Abbildung 3: Versuchsaufbau “aufgespannt” auf Zug-Prüfmaschine

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.

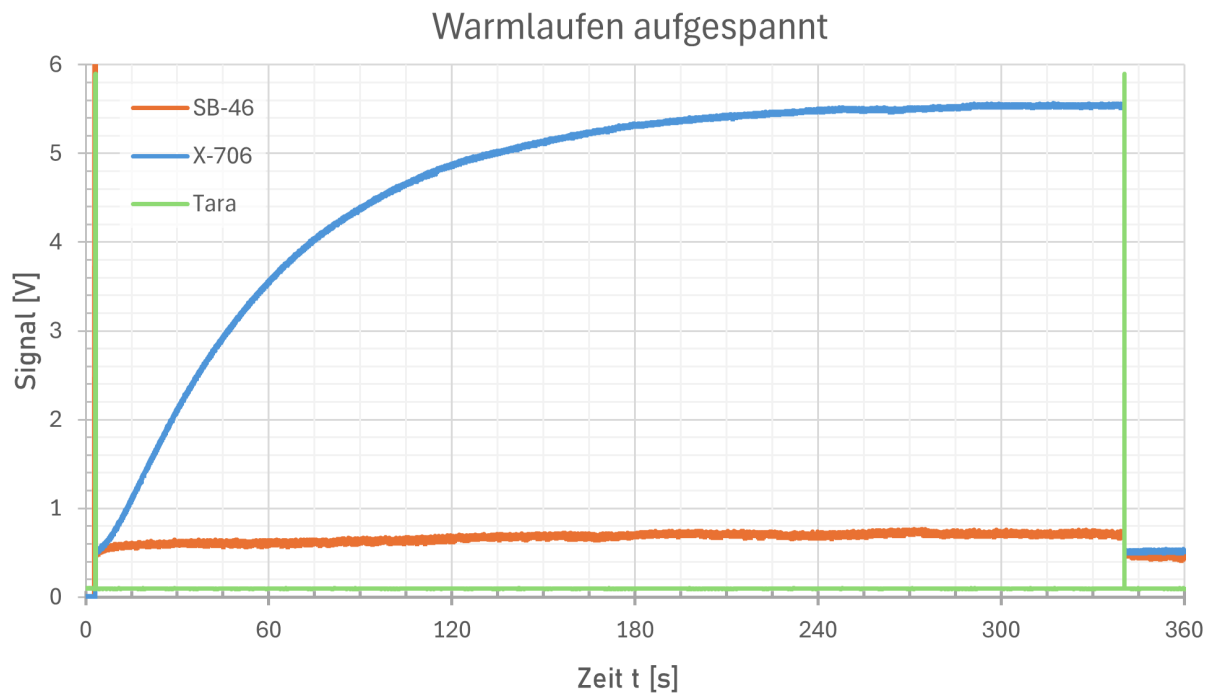


Abbildung 4: Warmlaufverhalten in aufgeschraubtem Zustand

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.

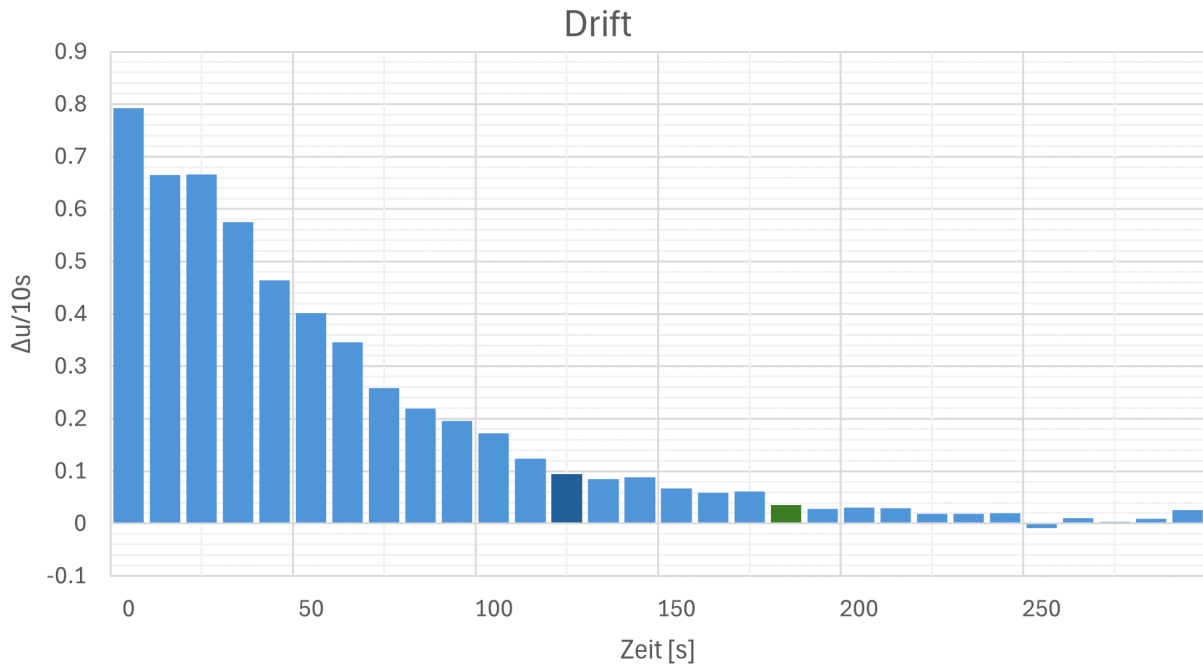


Abbildung 5: Zeitliche Ableitung des Warmlaufdrifts: $\Delta U / \Delta t$ nach 2min $< 100 mV / 10s$
(dunkelblaue Säule) und nach 3min $< 50 mV / 10s$

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.

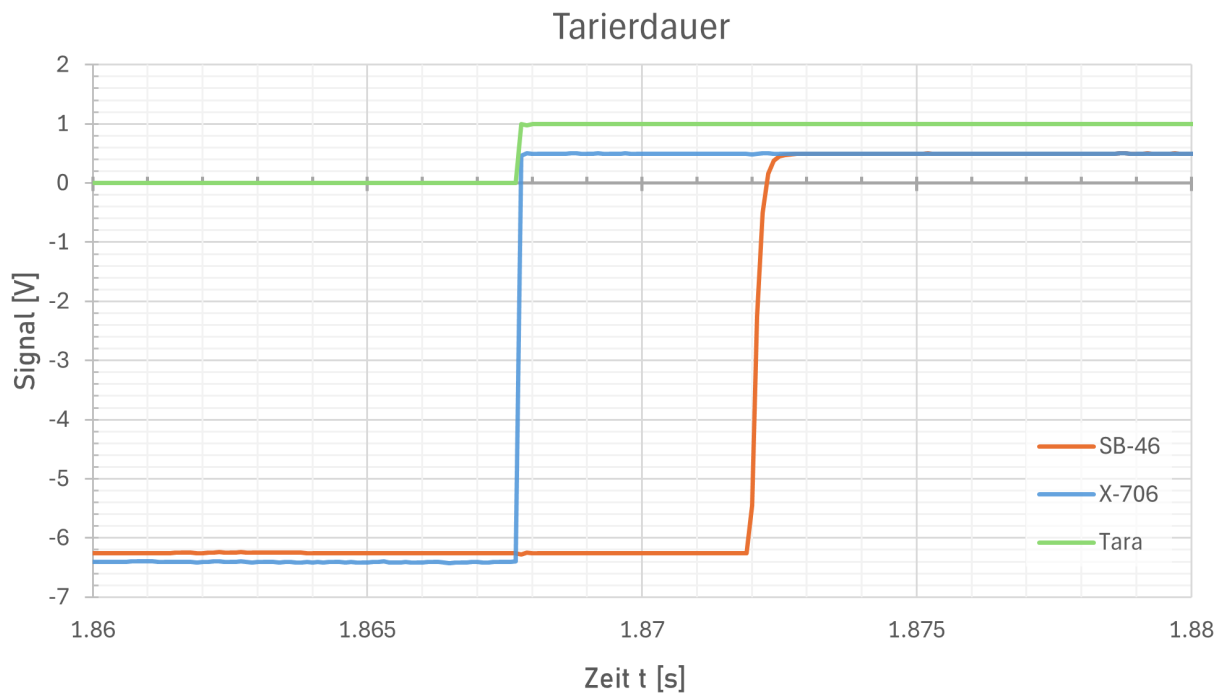


Abbildung 6: Direktvergleich Tarierdauer bei simultan angelegtem Tariersignal

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.

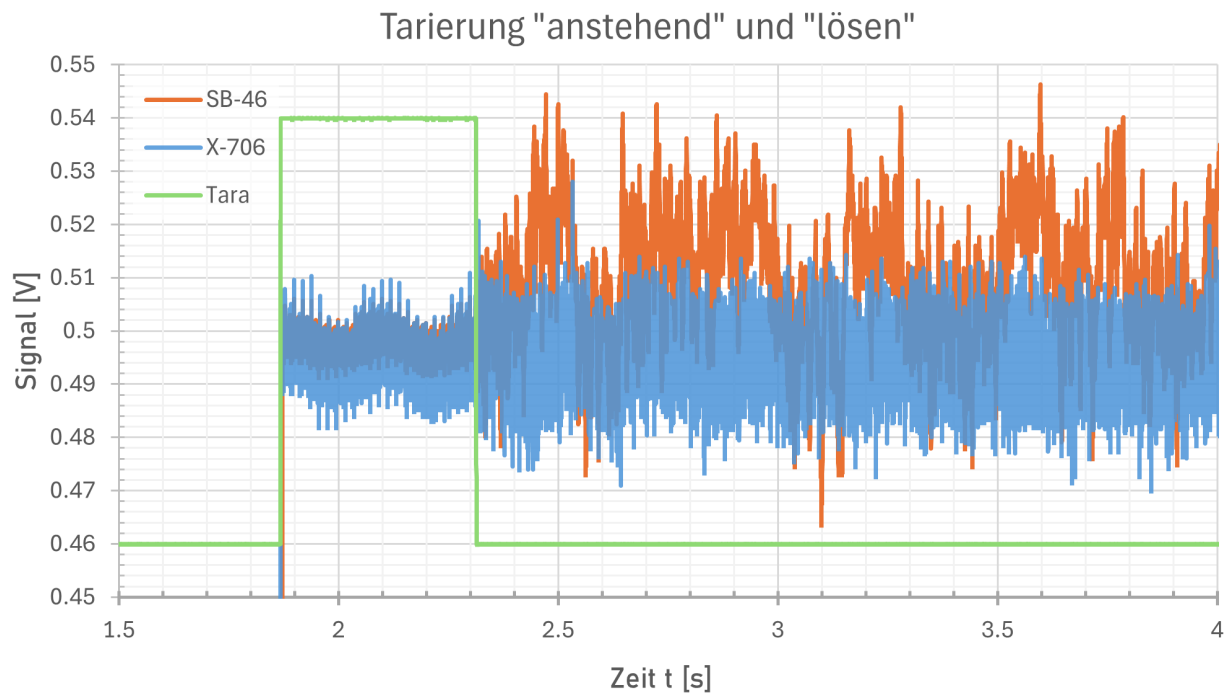


Abbildung 7: Rauschverhalten während Tariervorgang

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

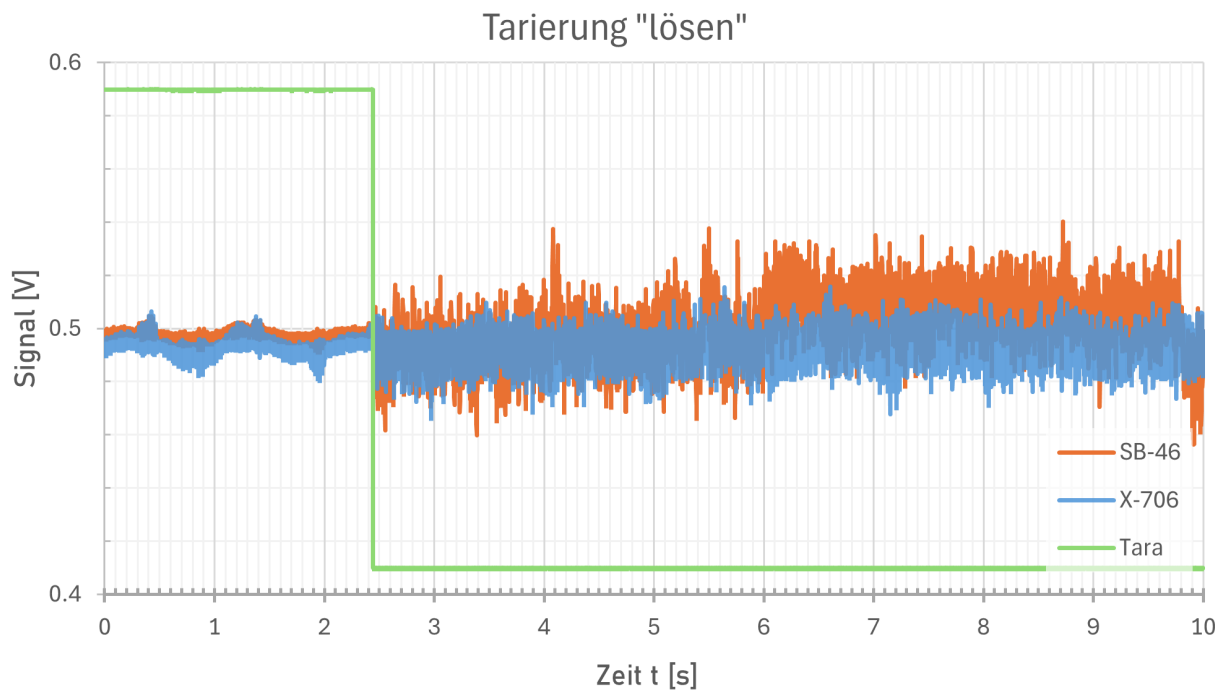


Abbildung 8: Zeitstabilität / Drift nach Tarierung