

Untersuchung der Line-Regulation von kaskadierten Spannungsreglern am Beispiel des LDOs LM1086 sowie Besonderheiten beim Messen

MNI

10. Sept. 2012

V. 1.0

Inhaltsverzeichnis

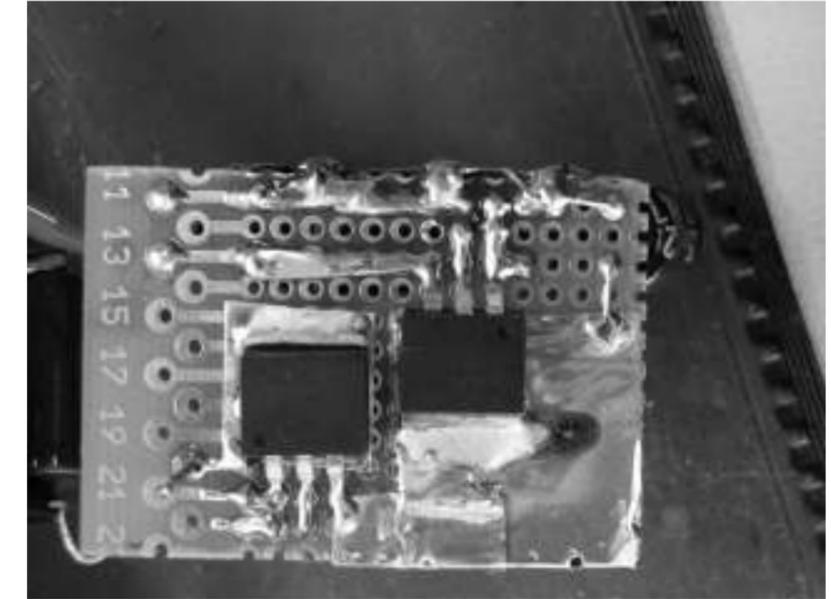
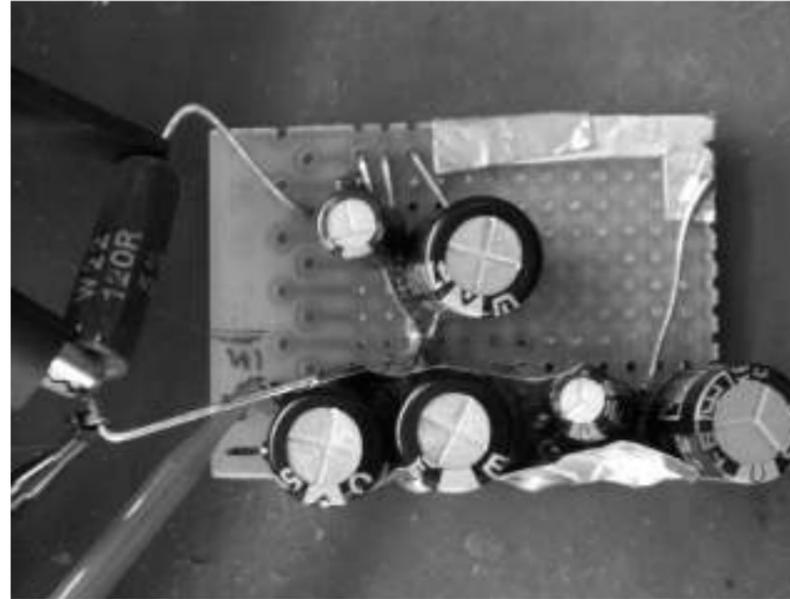
Messgeräte	1
Spannungsreglerschaltung	2
Messungen am Pre-Regulator	2
Interessante Beobachtung	2
Vermutung.....	3
Messungen am Post-Regulator	5
Qualität der Transienten am Ausgang des Post-Regulators.....	7

Messgeräte

- Netzteil: Hameg HMP2020
- Oszilloskop: Tektronix TDS3034C (**Netzbetrieb!**)
- Oszilloskop: Tektronix THS720P (Akkubetrieb, **potenzialfrei!**)
- Taskopf: P6139 (identisch für alle Messungen!), Messung direkt über der Last

Spannungsreglerschaltung

- Kaskadierte LDO-Regler 2 x LM1086IS-ADJ (National Semiconductors)
- $C_{in} = 2 \times 470 \mu\text{F} / 25 \text{ V}$ Roderstein (M)EKE
- $U_{intermediade} = 20,6 \text{ V} \pm 100 \text{ mV}$;
- $C_{intermediate} = 470 \mu\text{F} / 25 \text{ V}$ Roderstein (M)EKE
- $C_{adj_intermediate} = 10 \mu\text{F} / 100 \text{ V}$ Roderstein EKE
- $U_{out} = 16,695 \text{ V}$
- $C_{out} = 470 \mu\text{F} / 25 \text{ V}$ Roderstein (M)EKE
- $C_{adj} = 47 \mu\text{F} / 35 \text{ V}$ Philips FC
- $R_{load} = 120 \text{ Ohm}$, entspr. $P_{load} = 2,3 \text{ W}$
- $P_{in} = 3,5 \text{ W}$ ($U_{in} = 21,6 \text{ V}$) ... $4,3 \text{ W}$ ($U_{in} = 26,4 \text{ V}$)



Messungen am Pre-Regulator

Tabelle 1: Messung am Ausgang des Pre-Regulators; Eingangsspannungssequenz 21,6 V -> 26,4 V -> 24 V im 1-Sekunden-Abstand

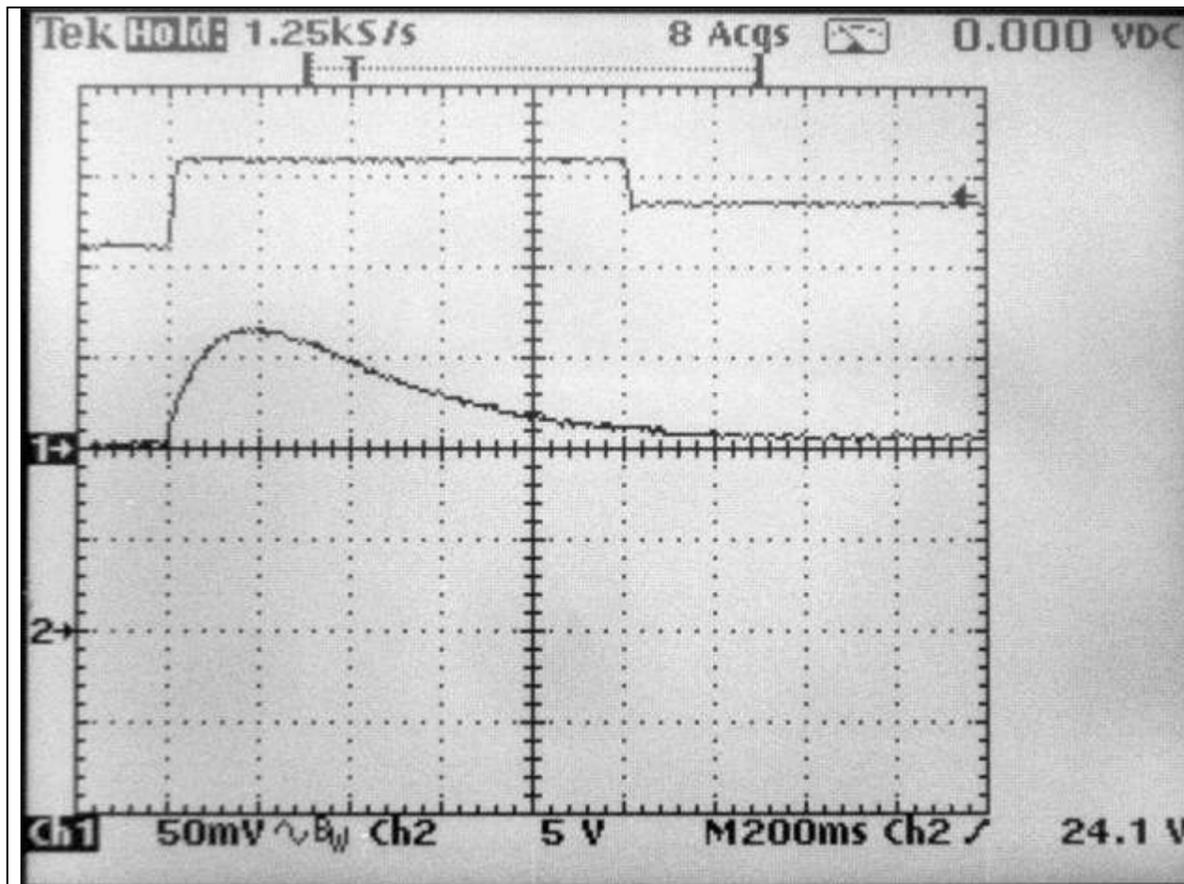


Bild 1: Photo #1 - Potenzialfrei am Ausgang des Pre-Regulators (50 mV; 200 ms/Div)

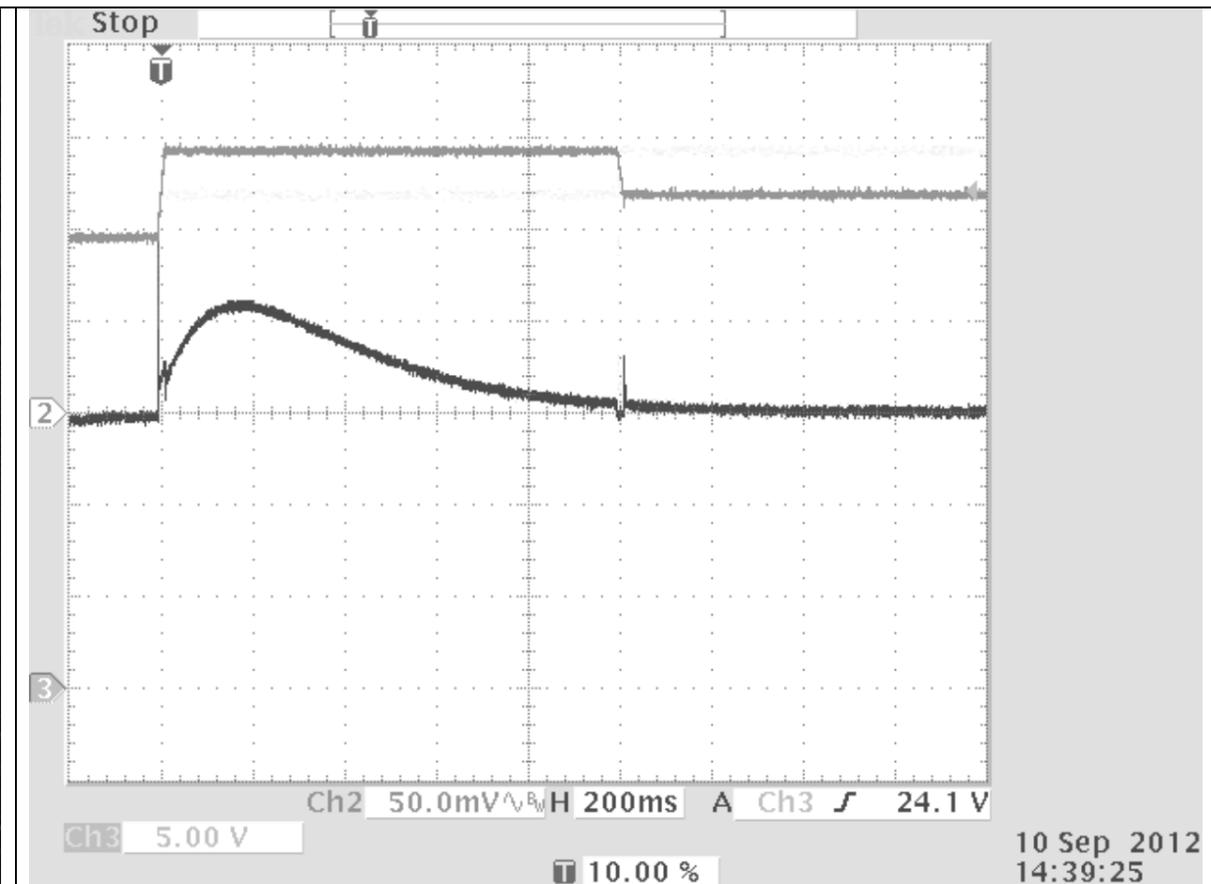


Bild 2: Netzbezogen am Ausgang des Pre-Regulators (50 mV; 200 ms/Div)

10 Sep 2012
14:39:25

Interessante Beobachtung: bei einer Messung mit Netzgebundenem Oszilloskop werden schnelle Transienten gemessen, die sich in gleicher Form und Intensität auch am Post-Regulator nachweisen lassen.

Vermutung: Die Transienten werden über Masseschleifen und/oder das Netz (Y-Kondensatoren gegen PE von Netzteil und Scope) eingekoppelt. Um das zu verifizieren werde ich mal entweder das Netzteil oder das Scope (pöhse) über einen Trenntrafo betreiben. (TBD)

Der nur langsam abklingende Überschwinger ist der Enormen Zwischenkreiskapazität von 470 µF geschuldet. Hier werde ich evtl. noch optimieren.

Berechnung der Line Regulation

Gemessen: $U_{out_min} = U_{intermediate_min} = 20,595 \text{ V}$

$\Delta U_{out_max} = 60 \text{ mV}$

$\Delta U_{in} = 26,4 \text{ V} - 21,6 \text{ V} = 4,8 \text{ V}$

$$Reg_{Line} = \frac{\frac{\Delta U_{out,max}}{U_{intermediate,min}}}{\Delta U_{in}} = \frac{\frac{60mV}{20,595V}}{4,8V} = 607 \frac{ppm}{V} = 0,06 \frac{\%}{V}$$

Die **berechnete Line Regulation des LM1086 als Pre-Regulator ist besser als 0,06 %/V** und liegt damit **voll in der Datenblatt-Spezifikation** von 0,035 %/V (typ.) bis 0,2 %/V (max.).

Die Ausgangsspannung des Pre-Regulators schwankt mittelfristig also nur um max. 60 mV bei Eingangsspannungsvariationen bis 4,8 V, **erfüllt aber nicht die geforderte Spezifikation des Projects.**

Ansatz: Verwende Post-Regulator.

Tabelle 2: Messung am Ausgang des Pre-Regulators; Eingangsspannungssprung 21,6 V -> 26,4 V; zeitlich detailliert

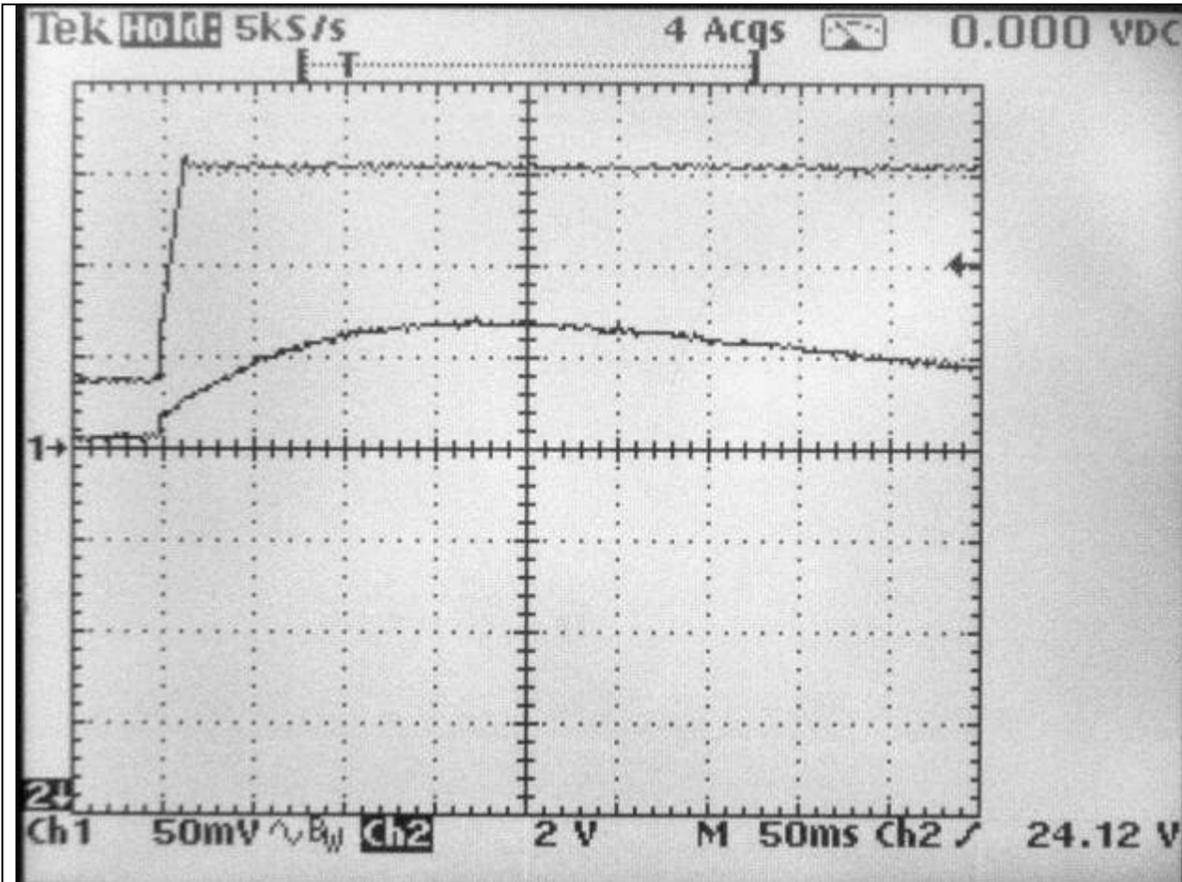


Bild 3: Potenzialfrei am Ausgang des Pre-Regulators (50 mV; 50 ms/Div)

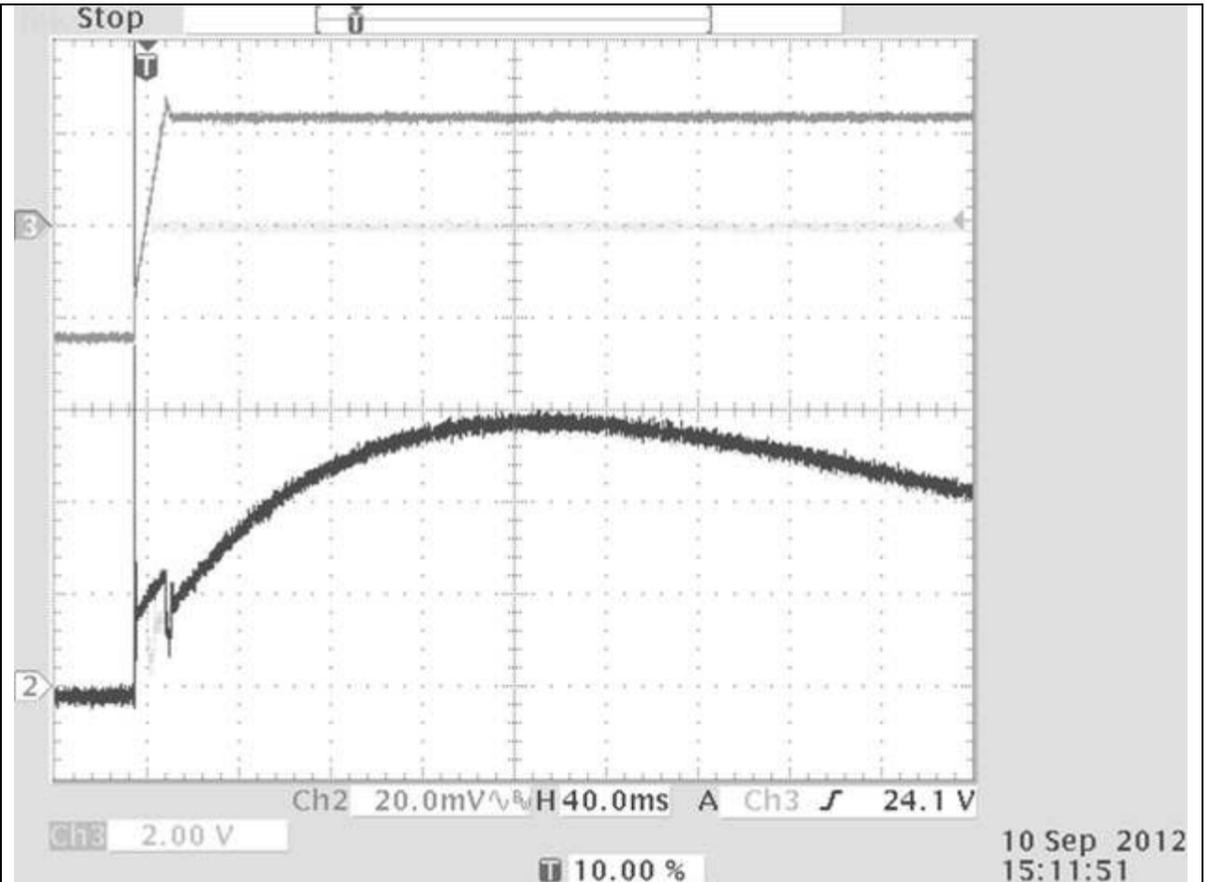


Bild 4: Netzbezogen am Ausgang des Pre-Regulators (20 mV; 40 ms/Div)

10 Sep 2012
15:11:51

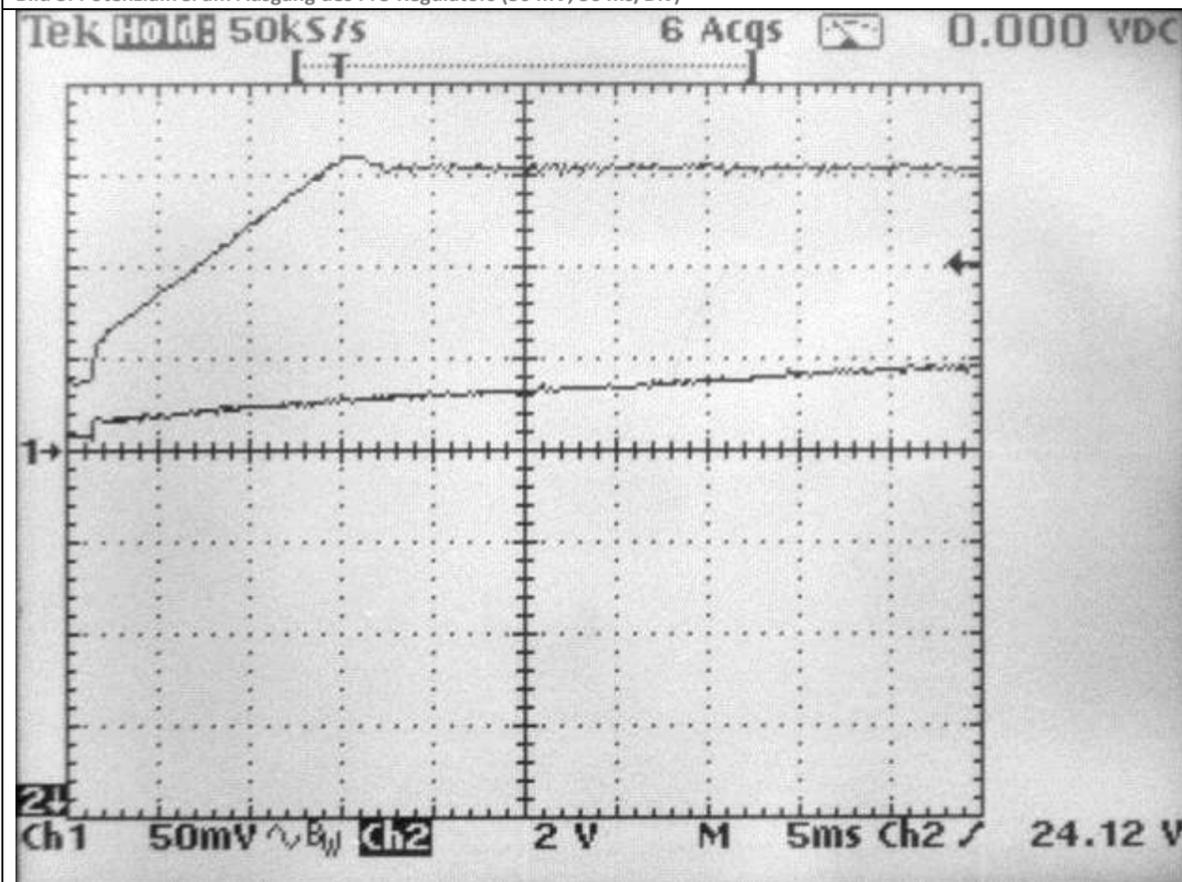


Bild 5: Potenzialfrei am Ausgang des Pre-Regulators (50 mV; 5 ms/Div)

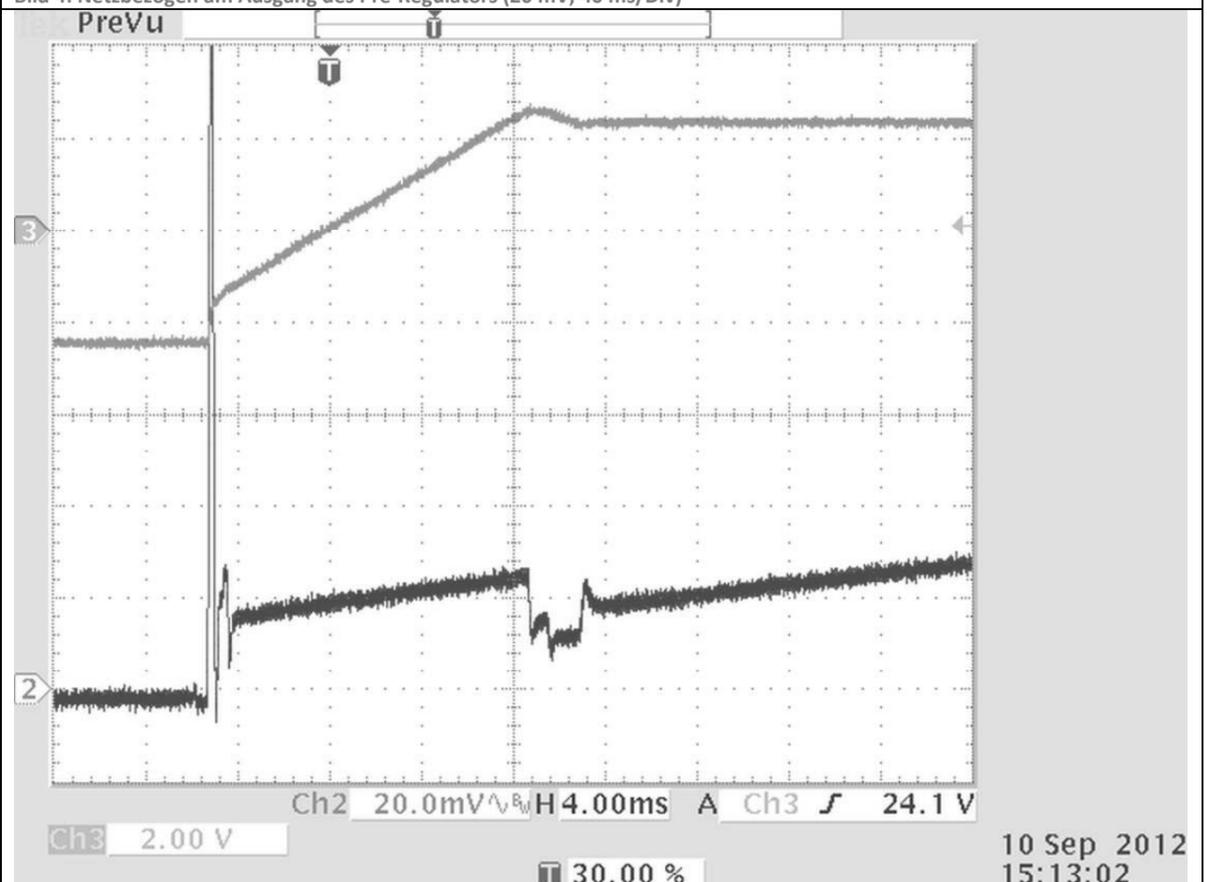


Bild 6: Netzbezogen am Ausgang des Pre-Regulators (20 mV; 4 ms/Div)

10 Sep 2012
15:13:02

Messungen am Post-Regulator

Tabelle 3: Messung am Ausgang des Post-Regulators; Eingangsspannungssequenz 21,6 V -> 26,4 V -> 24 V im 1-Sekunden-Abstand

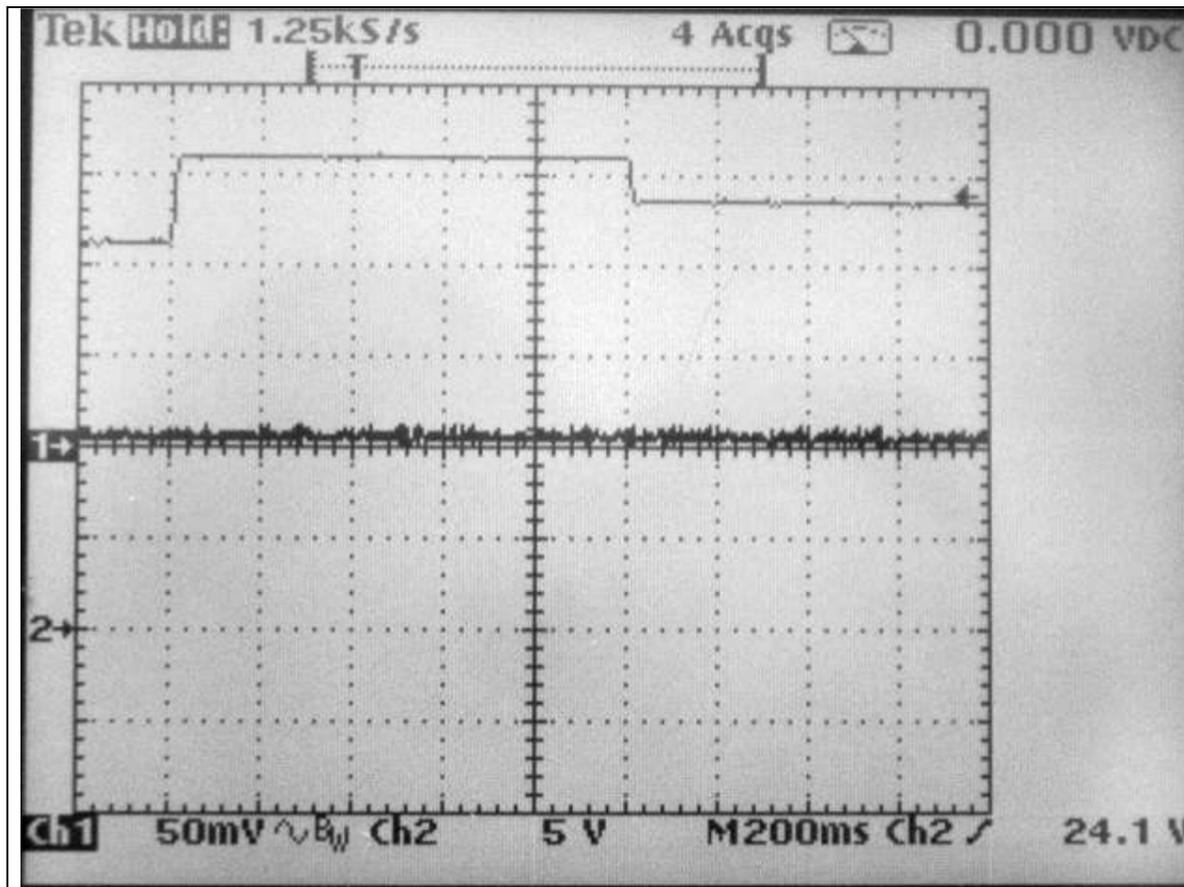


Bild 7: Photo #2 - Potenzialfrei am Ausgang des Post-Regulators (50 mV; 200 ms/Div)

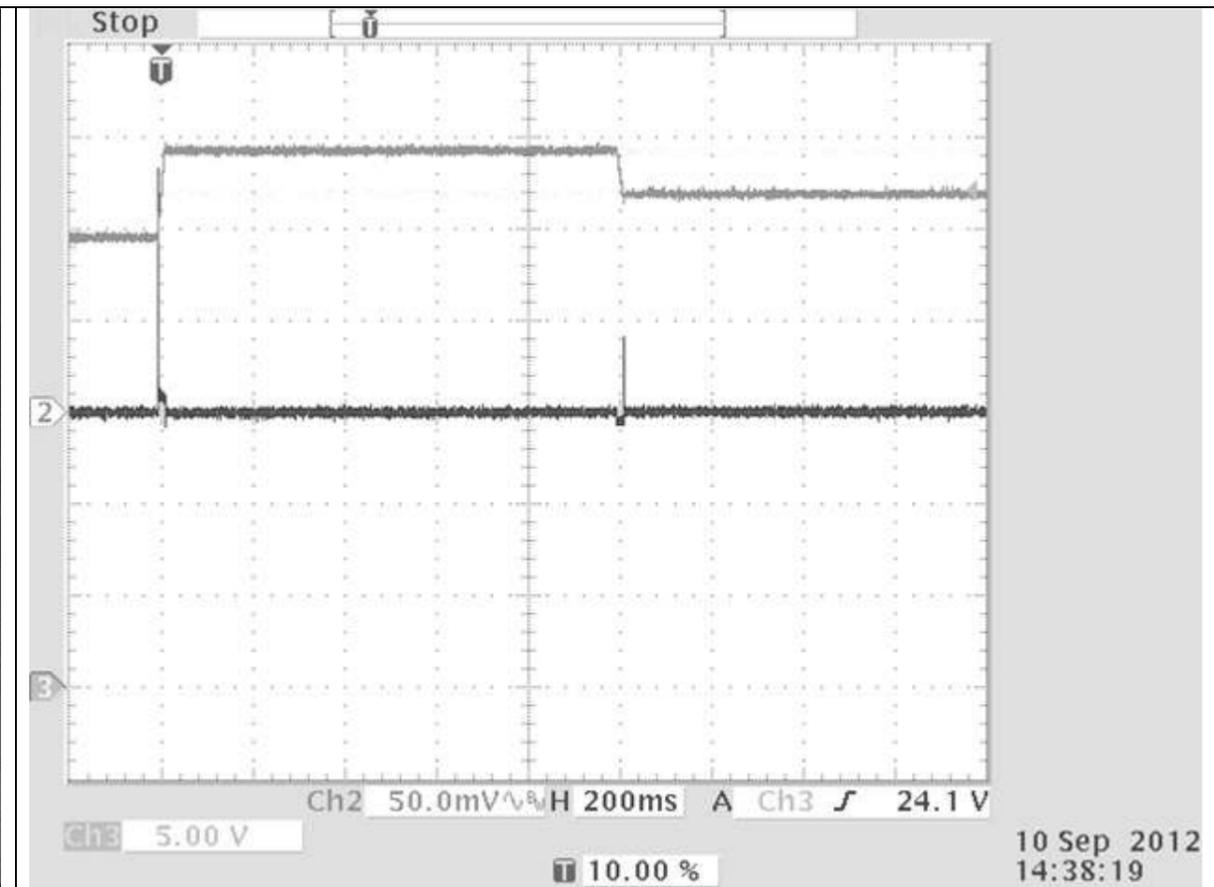


Bild 8: Netzbezogen am Ausgang des Post-Regulators (50 mV; 200 ms/Div)

Bei einer Eingangsspannungsvariation von nur max. 60 mV am Eingang des Post-Regulators und einer verifizierten Line Regulation von ca. 607 ppm/V ist die zu erwartende Variation am Ausgang des Post-Regulators gerade mal 37 ppm pro Volt Eingangsspannungsänderung am Pre-Regulator, entsprechend max. 88 ppm bei 2,4 V, womit ich die Spezifikation des Projects sicher erfüllen könnte.

Bei einer gewünschten Ausgangsspannung von 16,7 V bedeutet das gerade eine Variation von max. 608 μ V! Das ist leider mit meinem Tek-Scope nicht messbar!

Ich muss mir eine andere Messschaltung überlegen. (TBD)

Deutlich sind aber die **gleichen Transienten** mit identischer Form und Amplitude wie am Eingang zu erkennen.

Tabelle 4: Messung am Ausgang des Post-Regulators; Eingangsspannungssprung 21,6 V -> 26,4 V; zeitlich detailliert

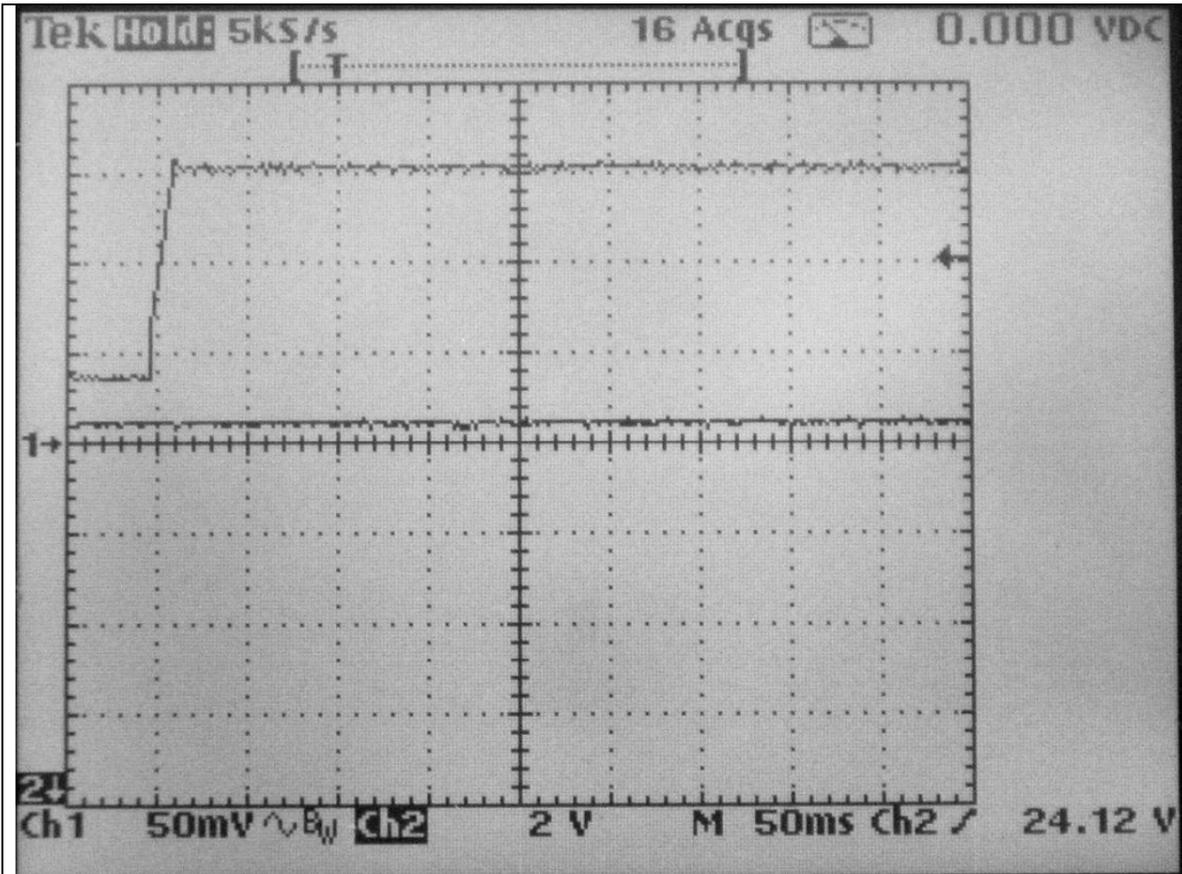


Bild 9: Photo #3 - Potenzialfrei am Ausgang des Post-Regulators (50 mV; 50 ms/Div)

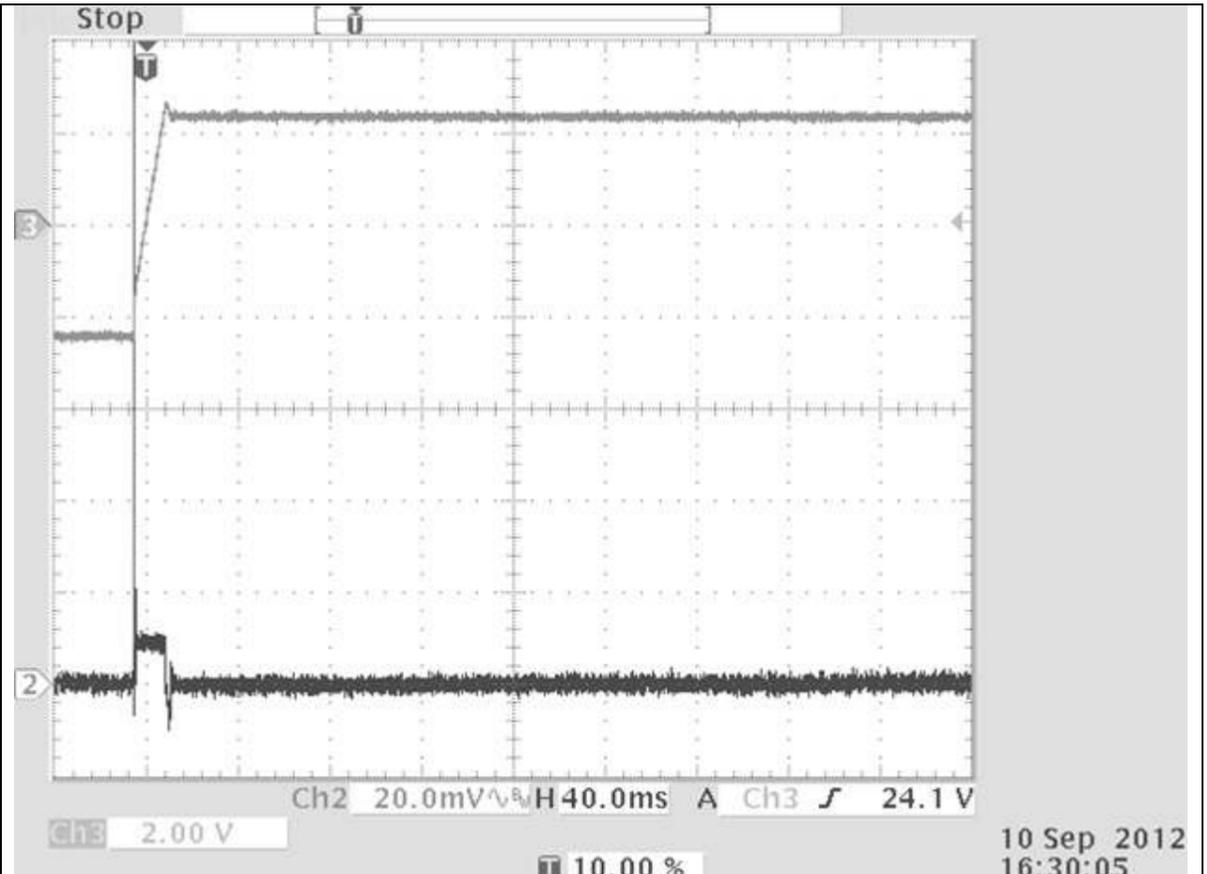


Bild 10: Netzbezogen am Ausgang des Post-Regulators (20 mV; 40 ms/Div)

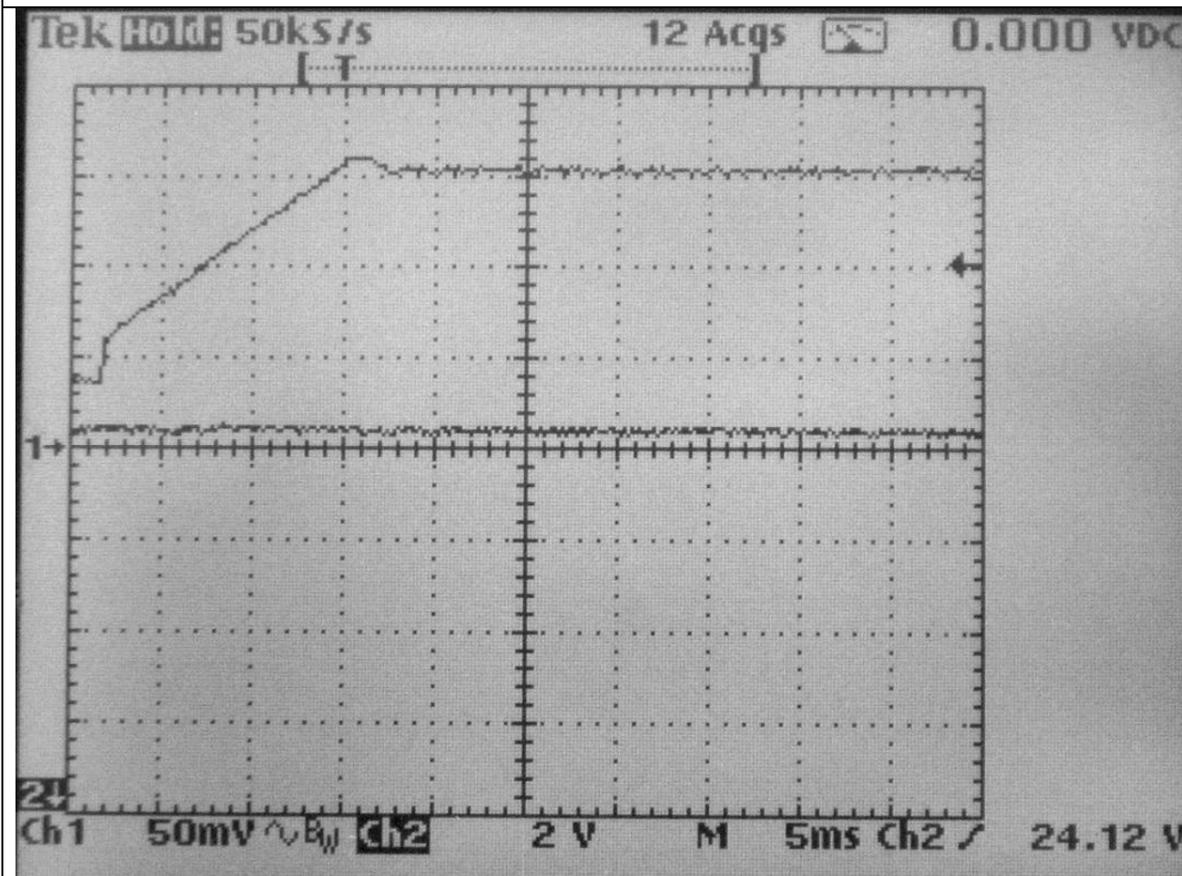


Bild 11: Photo #4 - Potenzialfrei am Ausgang des Post-Regulators (50 mV; 5 ms/Div)

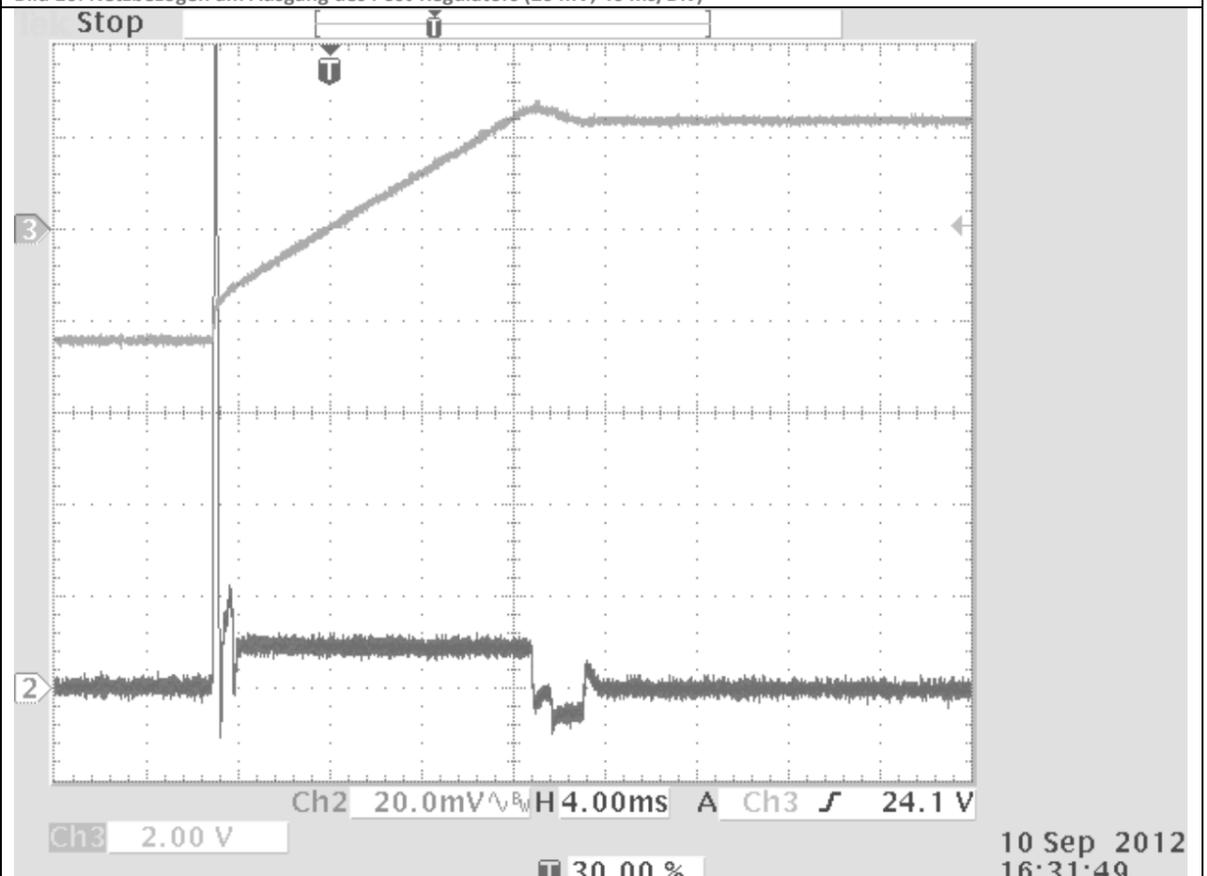


Bild 12: Netzbezogen am Ausgang des Post-Regulators (20 mV; 4 ms/Div)

Qualität der Transienten am Ausgang des Post-Regulators

Zunächst habe ich einen D-Anteil bei dem Spannungsregler vermutet, der schnell e Änderungen der Eingangsspannung an den Ausgang weiterreicht.

Dafür sprach, dass die rampenförmige Veränderung auf den 24 V als Sprung (also in Form der zeitlichen Ableitung des Eingangssignals) am Ausgang des Pre-Regulators erscheint. Dieser Sprung müsste aber nach weiterer Differenzierung nur noch in Form von Impulsen auf dem Ausgang des Post-Regulators vorhanden sein. Statt dessen ist dieser Sprung von 10 mV auch nach dem Post-Regulator deutlich sichtbar. Der D-Anteil kann nicht dafür verantwortlich gemacht werden.

Besonders deutlich wird die Identität der Signale beim Vergleich der Oszillogramme Bild 6 und Bild 12 zum Zeitpunkt ca. 9 ms nach dem Trigger. Die Kurvenformen sind exakt identisch, wie in Tabelle 5 gezeigt wird!

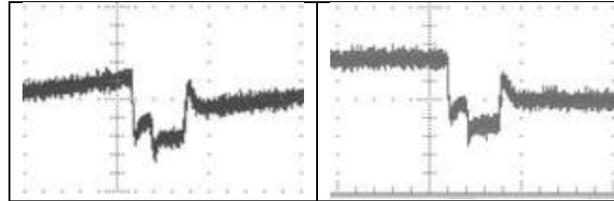


Tabelle 5: Vergleich einer markanten Transiente am Ausgang des Pre-Regulators (links) und Post-Regulators (rechts) bei exakt gleicher Skalierung (20 mV; 4 ms/Div)

Es liegt also nicht primär am verwendeten Spannungsregler sondern viel mehr an der **Verschaltung** von Netzteil, Spannungsregler-Platine und Scope, wie noch näher untersucht werden muss.

Auch die Signalführung auf der Spannungsregler-Platine ist nicht zu beanstanden, wie transientenlose Messungen mit einem potenzialfreien Scope trotz geringerer Empfindlichkeit zeigten.