



**UFC**

**UNILAC-**  
**Strahlstrom-Digitalisierung**  
**und -Verlustüberwachung**

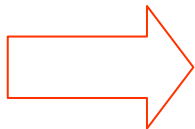
Verbesserung der elektronischen Schaltung

SD-Seminar, 17.9.09, **M. Witthaus** und H.Reeg, SD

# Zur Erinnerung...

Wozu wird die Strahlstrom-Digitalisierung und Verlustüberwachung benötigt ?

- Strommessung mit Trafos (Absolut- und Differenzmessung)
- Verlustüberwachung (zwischen zwei Messorten, hier Strahltrafos)
- Profulgitterschutz

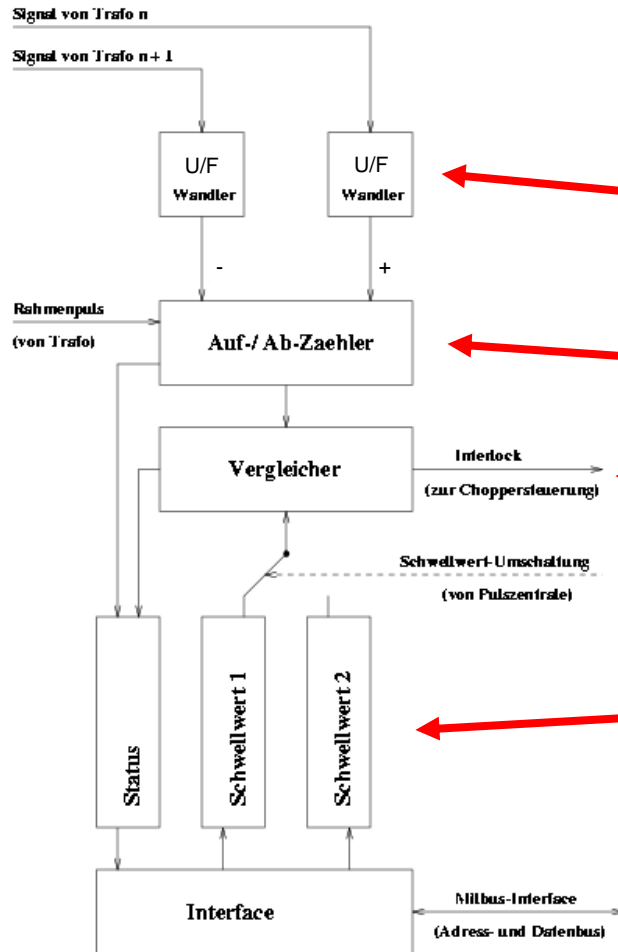


Sie ist zum Schutz der Beschleunigeranlage vor Beschädigung und zu hoher Aktivierung unbedingt erforderlich !

# Verlustüberwachung - Funktionsweise

- Die Verlustüberwachungskarte besteht aus zwei UFC, Bus-Transceiver, OpenDrain-Treiber und einem CPLD, der den größten Teil der Digitalelektronik enthält
- Trafo-Kopfverstärker haben einen messbereichs-unabhängigen Spannungsausgang
- Zwei Spannungsausgänge gehen jeweils auf zwei unabhängige U/F-Konverter
- Der erste Trafo/UFC wird zum Aufwärtszählen genutzt, der zweite zum Abwärtszählen und gehen auf einem Zähler (ein Puls entspricht 2.5nC)
- Der Zähler ermittelt den differentiellen Ladungsverlust und wird mit einem voreingestellten Grenzwert verglichen (Einstellung per Operating-Prg. IPD, auch über NODAL möglich)
- Bei Überschreitung des Grenzwertes wird innerhalb  $\sim 1$  us ein Interlocksignal erzeugt, das direkt auf die Chopper-Steuerung übertragen wird
- Der Chopper verkürzt die Strahlpulslänge auf das zulässige Mass

# UFC



Blockschaltbild der Verlustüberwachungskarte

zwei unabhängige UFC

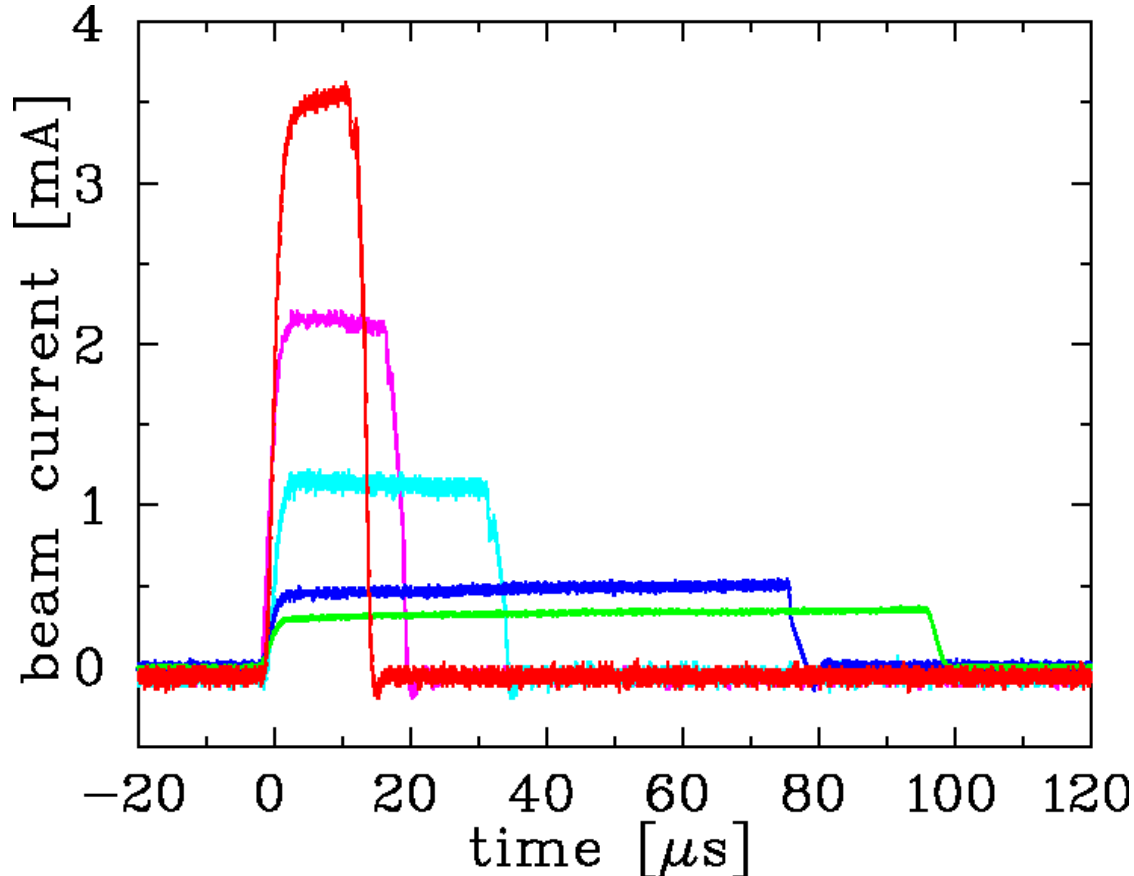
Zähler mit Vergleicher

Interlock geht direkt, ohne Umweg, auf die Choppersteuerung

Schwellwert 1 – Strahlverlustüberwachung

Schwellwert 2 – Profilgitter-Schutz

# Strahlpulsverkürzung



Dieses Bild zeigt die Strahlpulsverkürzung in Abhängigkeit des ansteigenden Strahlstroms.

Die Choppersteuerung sorgt immer für eine Mindestlänge von 10 $\mu$ s.

Dadurch ist eine Messung immer gerade noch möglich.



**UFC**

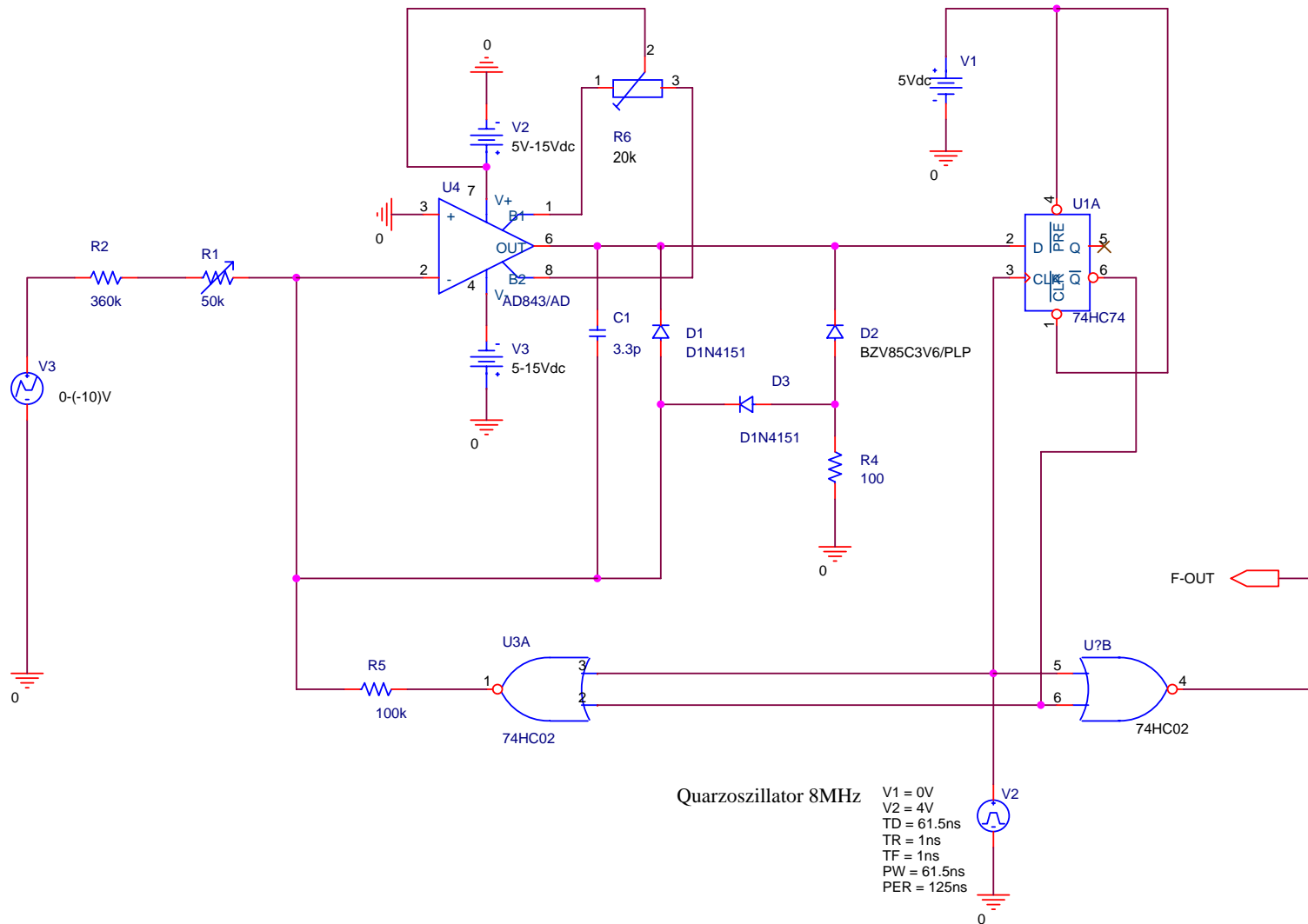
**Nun zum Spannungs-Frequenz-Konverter...**

# UFC

## Übersicht

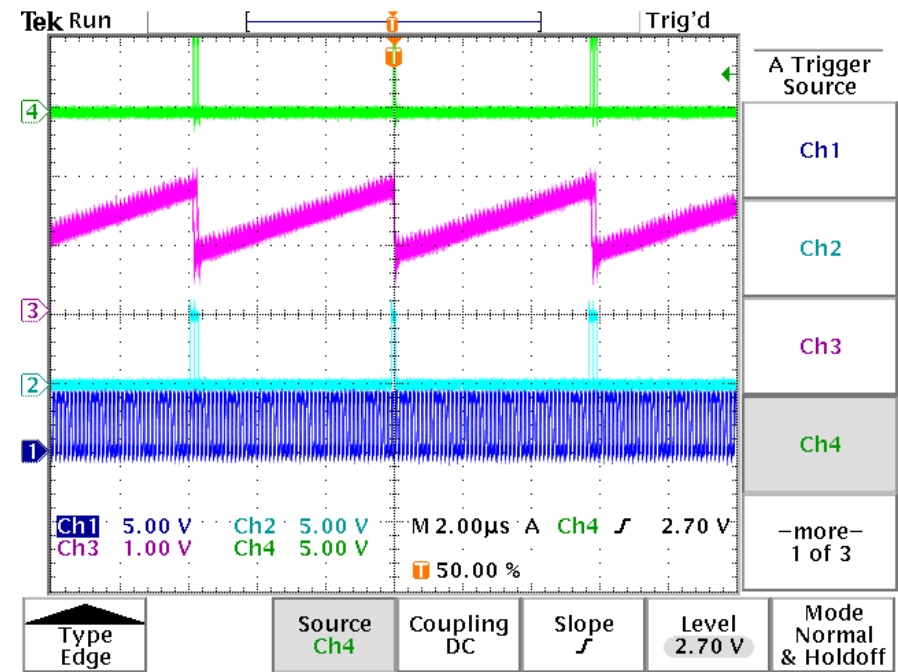
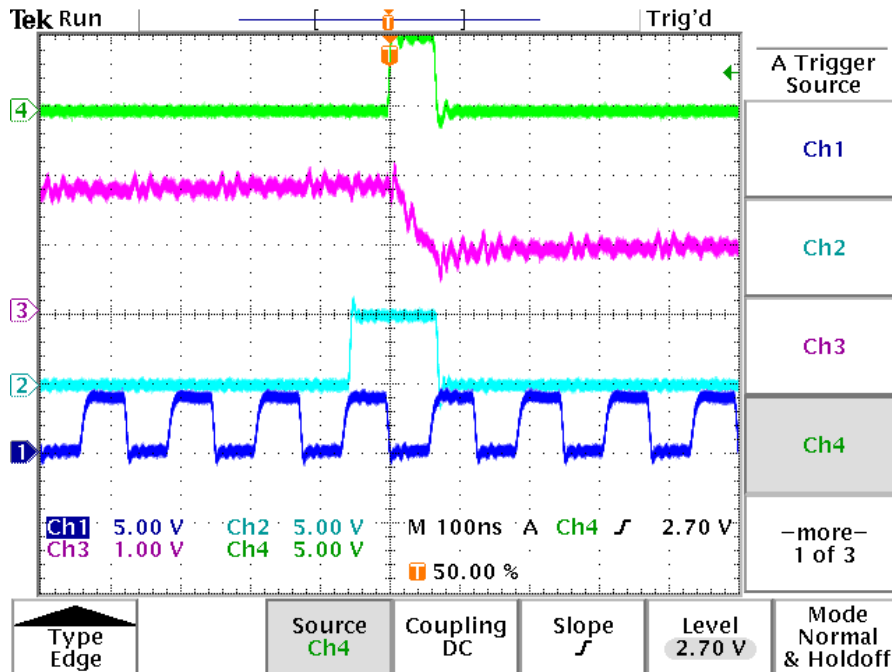
- Die derzeitig eingesetzte Schaltung
- Gewünschte Verbesserungen
- Die überarbeitete Schaltung
- Temperatur- und Offsetverhalten
- Vergleich der Leistungsdaten
- Darstellung der erzielten Ergebnisse

# UFC – Die derzeitige Schaltung



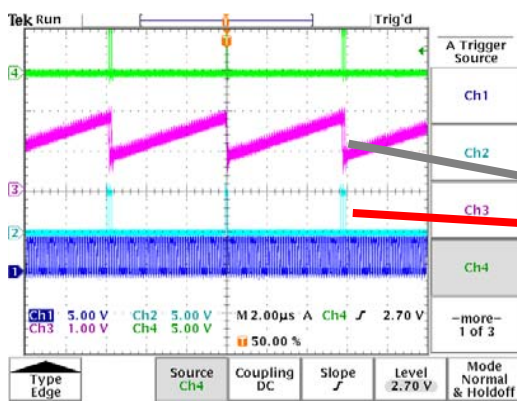


# UFC - Funktionsweise



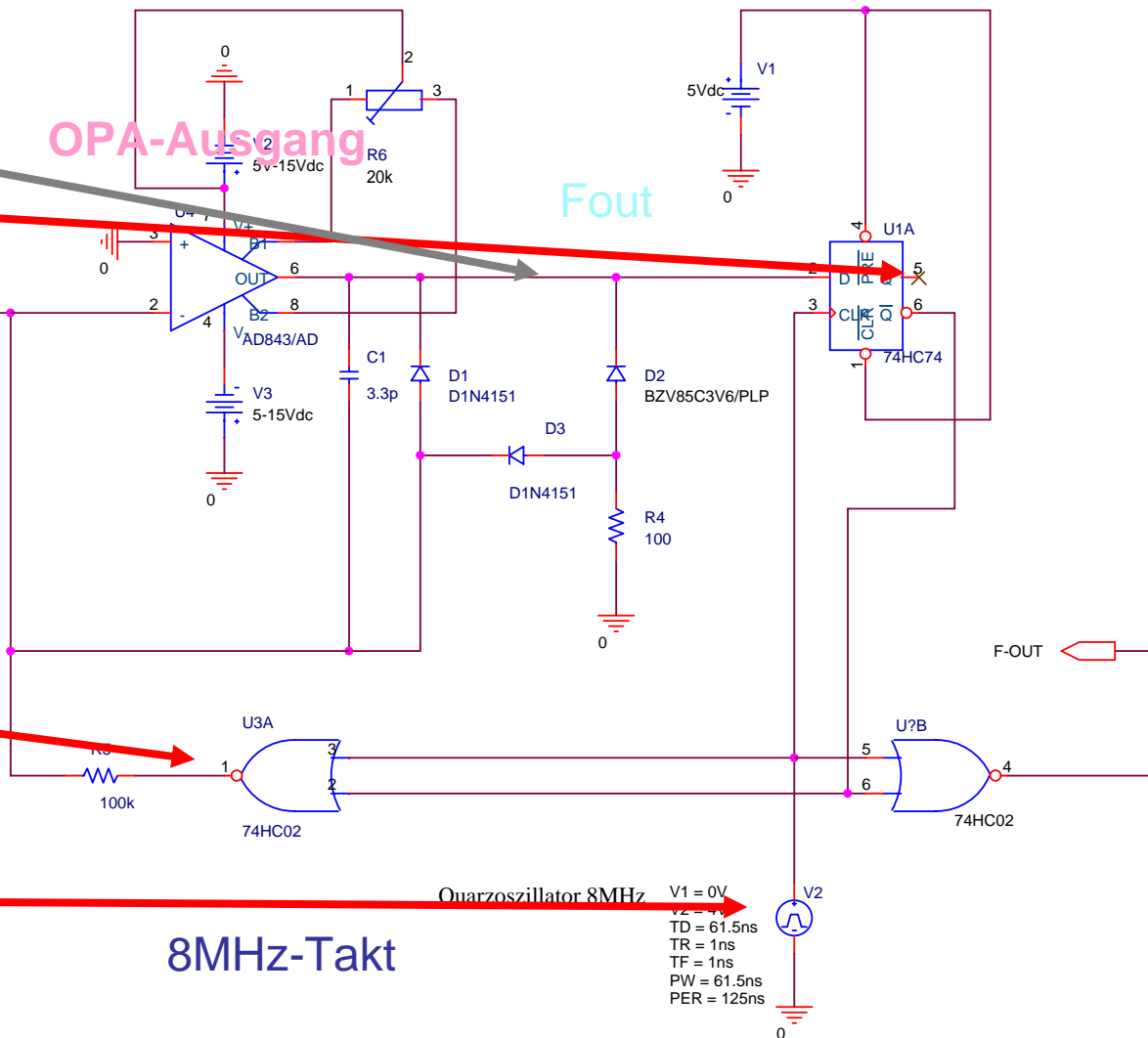
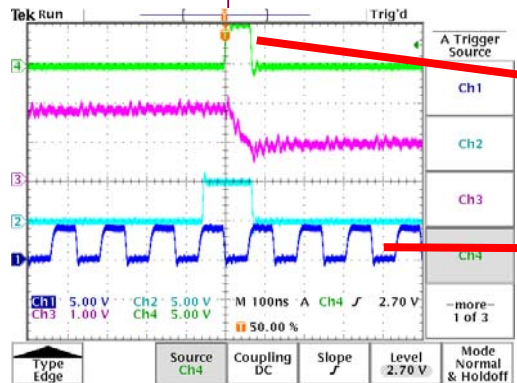
Messkurve 1 = 8MHz-Takt; Messkurve 2 = Q-Ausgang vom 7474 (Pin 5)  
 Messkurve 3 = OP-Ausgang (Pin 6); Messkurve 4 = NOR-Gatter-Ausgang (Pin 1)

# UFC - Funktionsweise



V3  
0-(-10)V

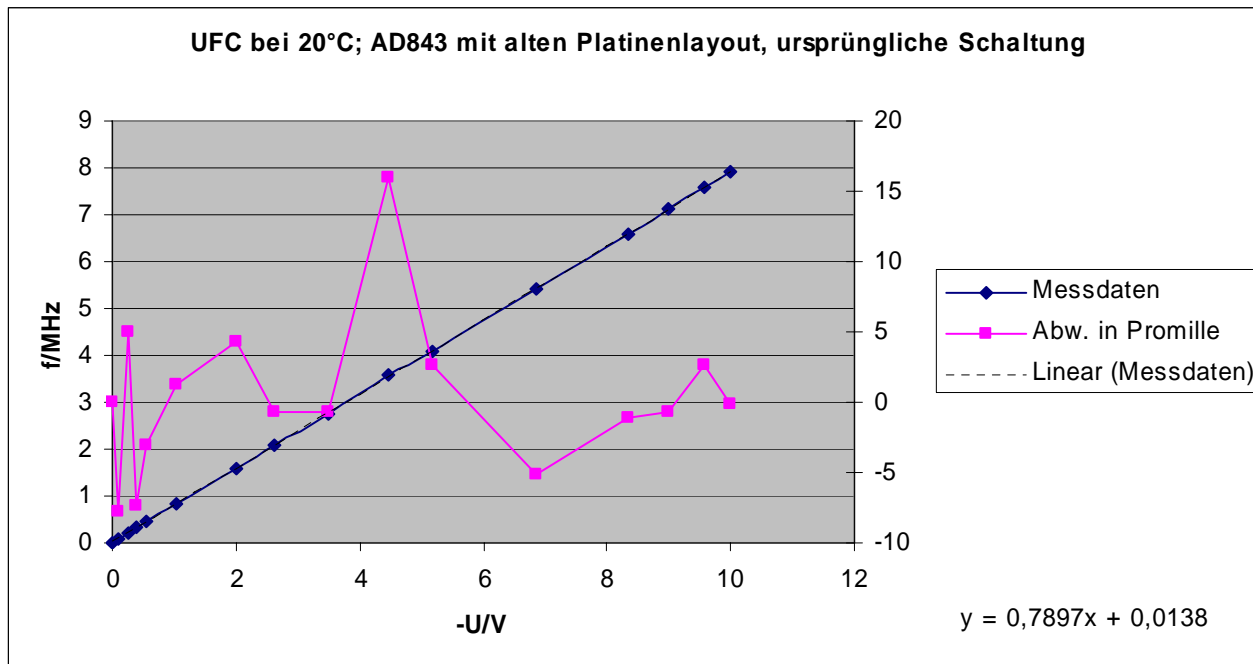
"Reset"



# UFC - Funktionsweise

- Eingangsspannung bewegt sich zwischen 0 und -10 Volt
- Ausgangsfrequenz verläuft zwischen 0kHz und 8MHz
- OPA ist als Integrator geschaltet
- Spannung an OPA-Ausgang steigt an bis Flip-Flop 7474 reagiert bzw. kippt
- Impuls wird über ein NOR-Gatter an den neg. OPA-Eingang gegeben
- Integrator wird zurückgesetzt, sprunghaftes Absinken der Spannung am Ausgang des OPA
- Nachfolgendes pos. Flankensignal (Clock) setzt Flip-Flop zurück
- Integration kann neu beginnen
- Über 2. NOR-Ausgang kann die Ausgangsfrequenz abgenommen werden
- Je negativer die Eingangsspannung, desto höher die Wiederholrate/Frequenz

# UFC



Verwendetes Messinstrument: HP 5372A Frequency and Time Interval Analyzer

# UFC

## Bisherige Leistungsdaten:

- Dynamikbereich von 7,2kHz bis ca. 8MHz
- Veralteter Operationsverstärkertyp
- Layout-Realisierung mit THT-Bauteilen
- Dioden-Schutzschaltung notwendig
- spezielles Logik-IC notwendig (hier 7474, nur von NS)
- Temperaturstabilität nicht sicher gestellt

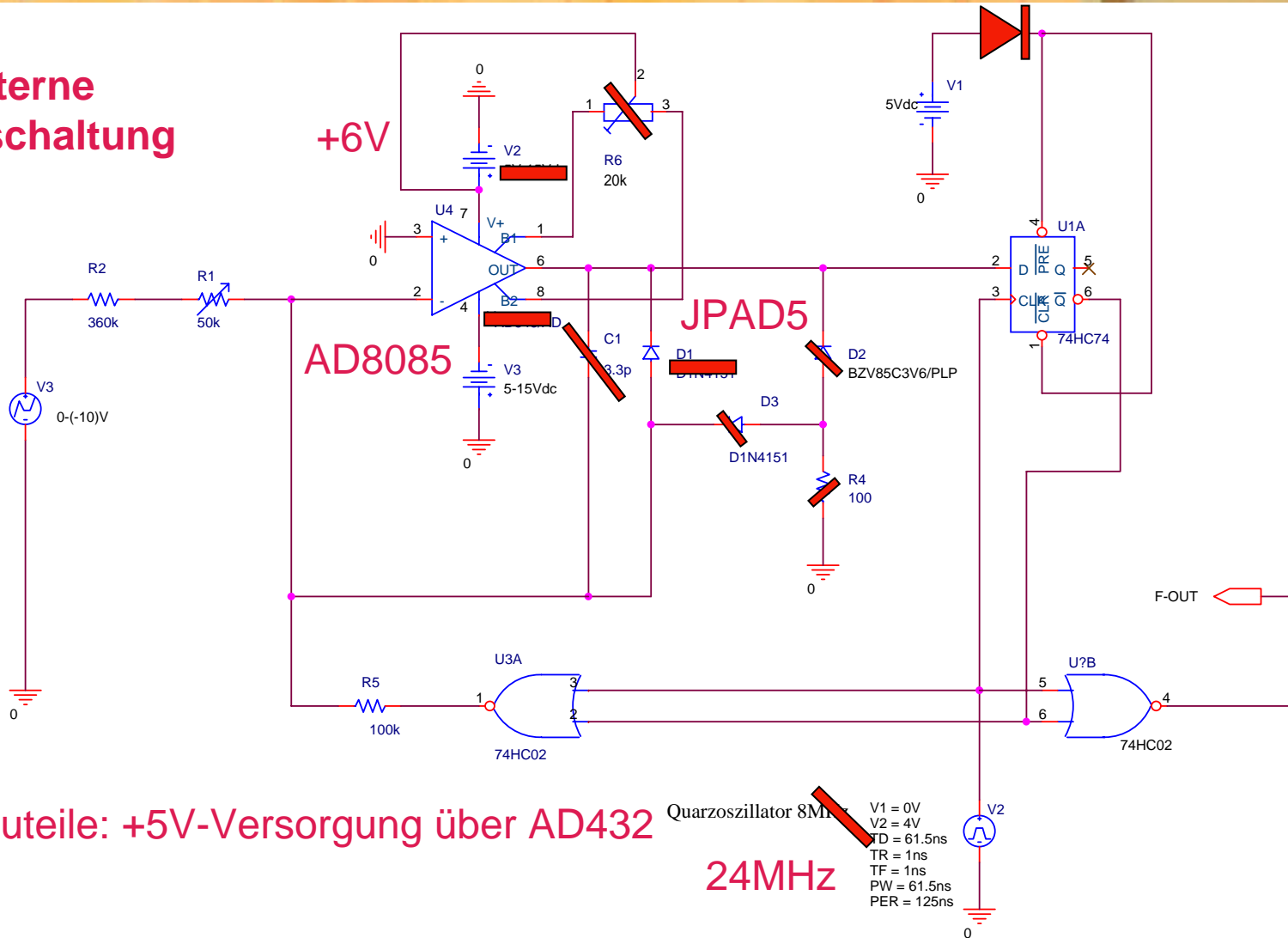
# UFC

Folgende Wünsche standen an:

- Erhöhung des Dynamikbereiches
- Austausch des Operationsverstärkers
- Layout-Realisierung mit SMD-Bauteilen
- Verbesserung der Temperaturstabilität
- Verbesserung der Linearität

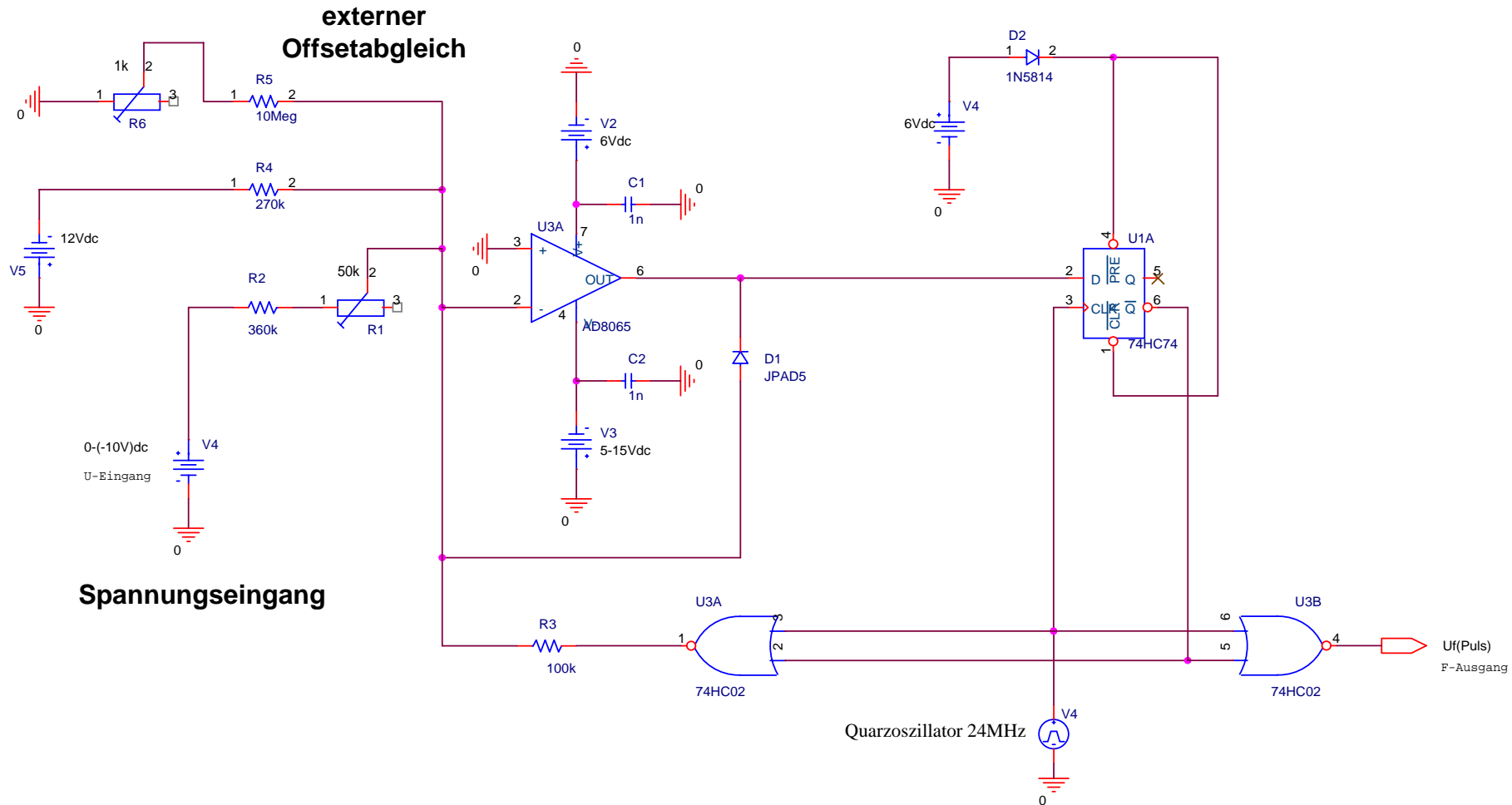
# UFC - Änderungen

Externe  
Offsetschaltung



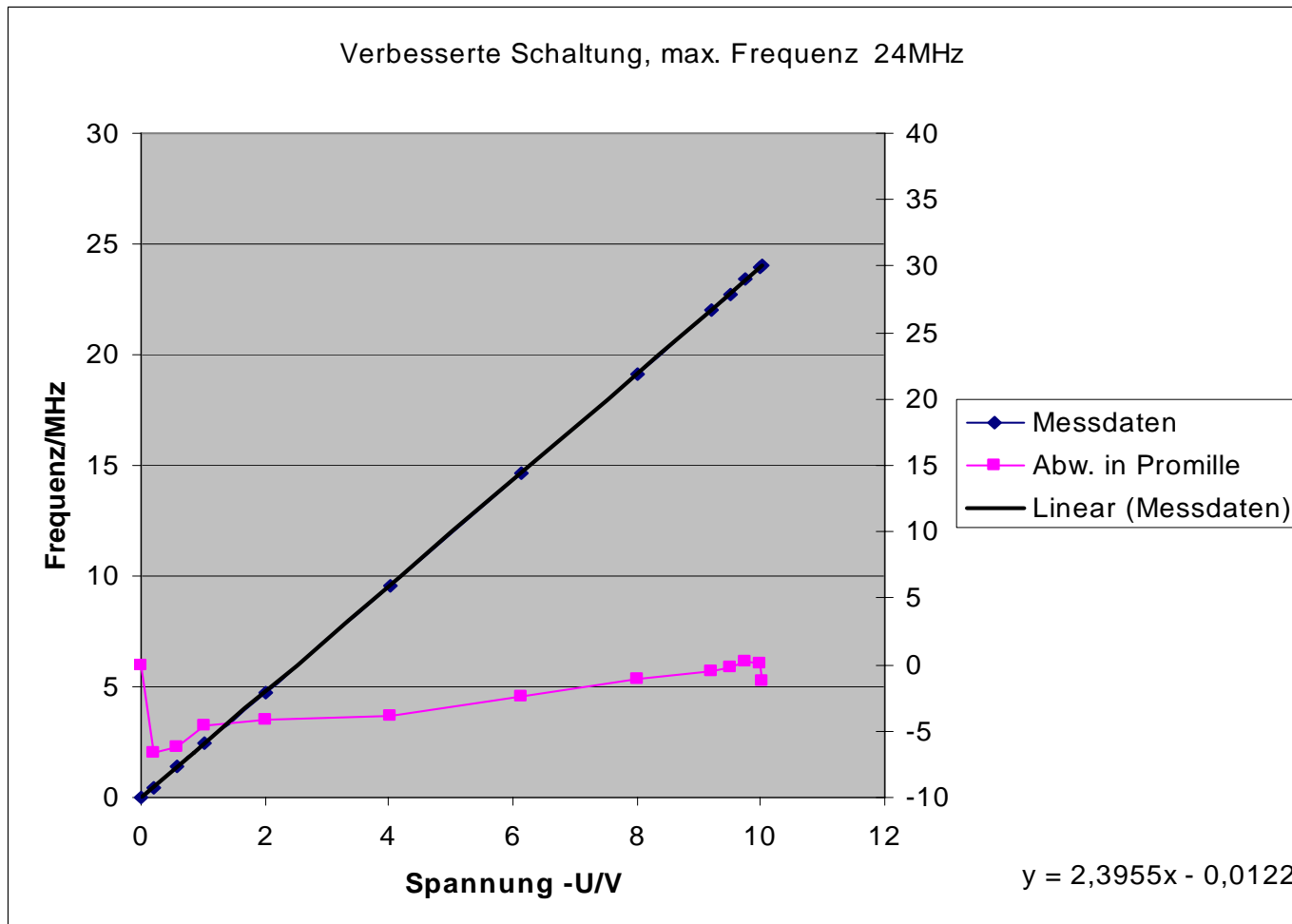
Logikbauteile: +5V-Versorgung über AD432

# UFC – Überarbeitete Schaltung

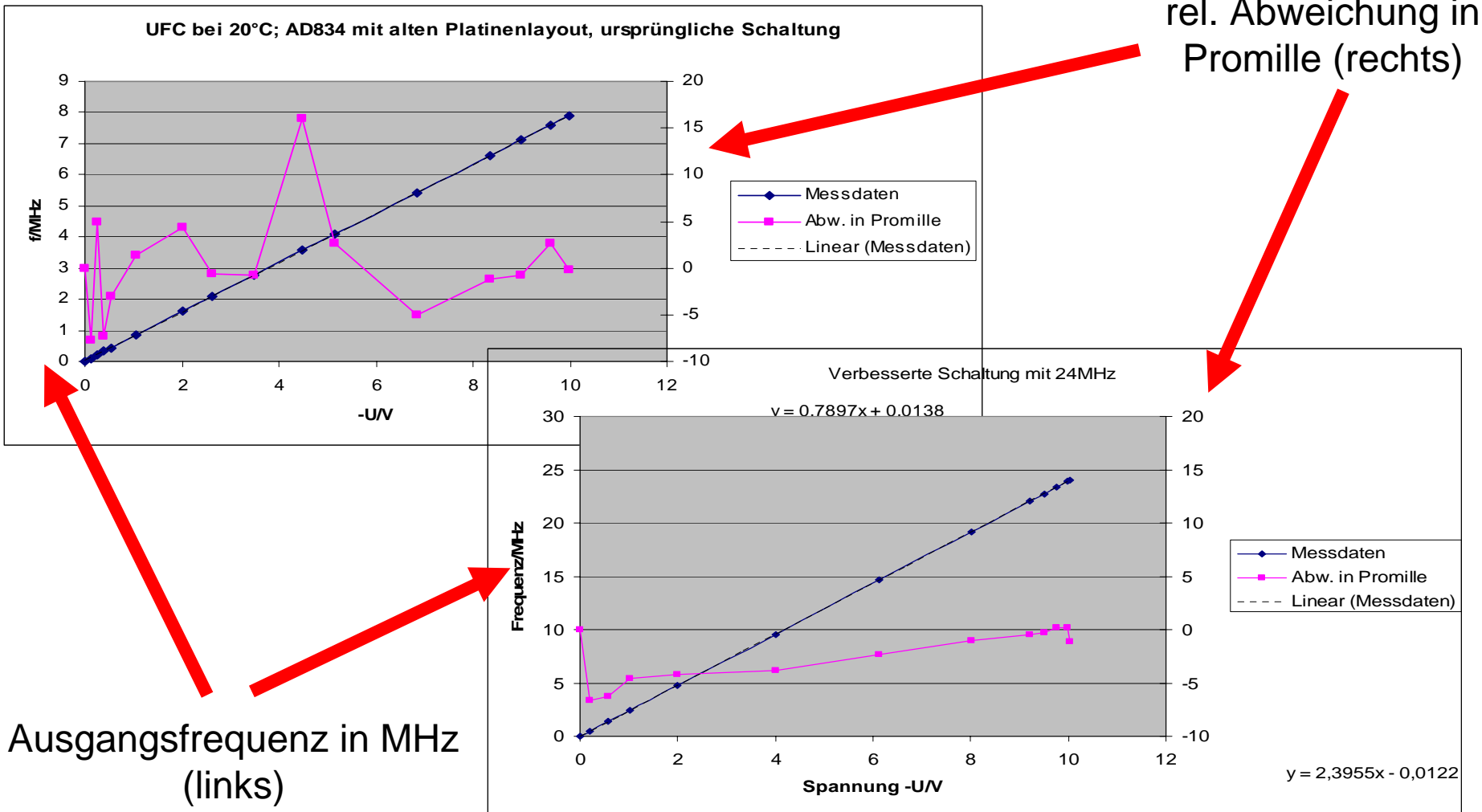




# UFC

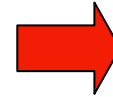
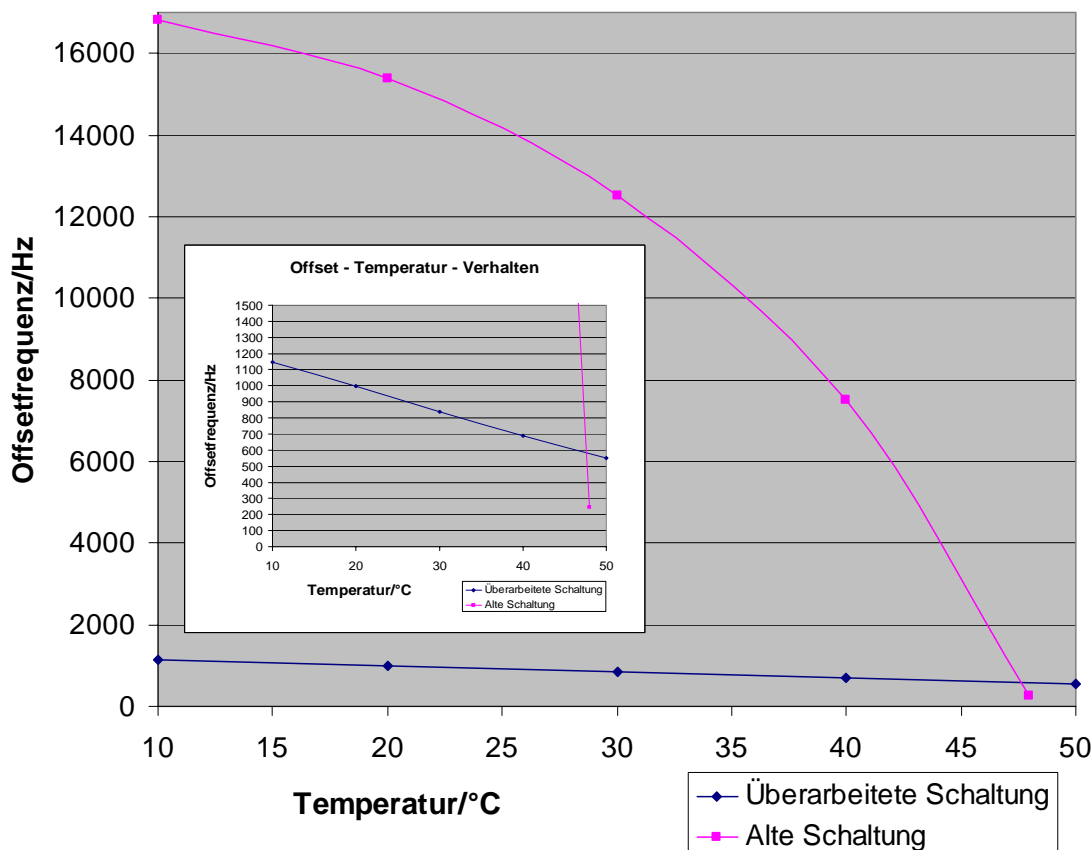


# UFC – Vergleich beider Schaltungen



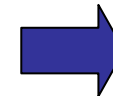
# UFC - Offsetverhalten bei Temperaturänderung

## Offset - Temperatur - Verhalten



### Alte Schaltung

- nichtlinearer Abfall
- in diesem Versuch ist ab ca. 48°C keine Funktion mehr gegeben !
- Offset bei 20°C ca. 15kHz



### Überarbeitete Schaltung

- linearer Abfall
- sichere Funktion auch bei > 50°C
- Offset bei 20°C nur ca. 1kHz

# UFC - Vergleich der Leistungsdaten

	ALT	NEU
Bauteile	THT	SMT
Nichtlinearität in Promille	zwischen -8 und +16	zwischen -7 und 0
Funktion über 48°C gegeben	nein	ja
Offsetdrift [mV/°C]	0,34	0,13
Dynamikbereich	7kHz bis 8MHz	1kHz bis 24MHz
durchschnittliche Temperaturstabilität [ppm/°C]	324	66
Temperaturgang im Mittel	nicht linear -430Hz/°C bei 8MHz entspricht dieses 54ppm/°C	linear -15Hz/°C bei 24MHz entspricht dieses 0,6ppm/°C
Offsetfrequenz	ca. 7kHz	ca. 1kHz

# UFC

## Bisherige Ergebnisse

- deutlich größerer Dynamikbereich
- bessere Linearität/geringerer Fehlerbereich
- geringerer Temperaturgang und Offsetdrift
- größere Temperaturstabilität
- geringere Offsetfrequenz
- große Funktionssicherheit bei höherer Betriebstemperatur



**Vielen Dank**

**an  
Hannes  
für  
Tips und Ratschläge**



**ENDE**

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit**