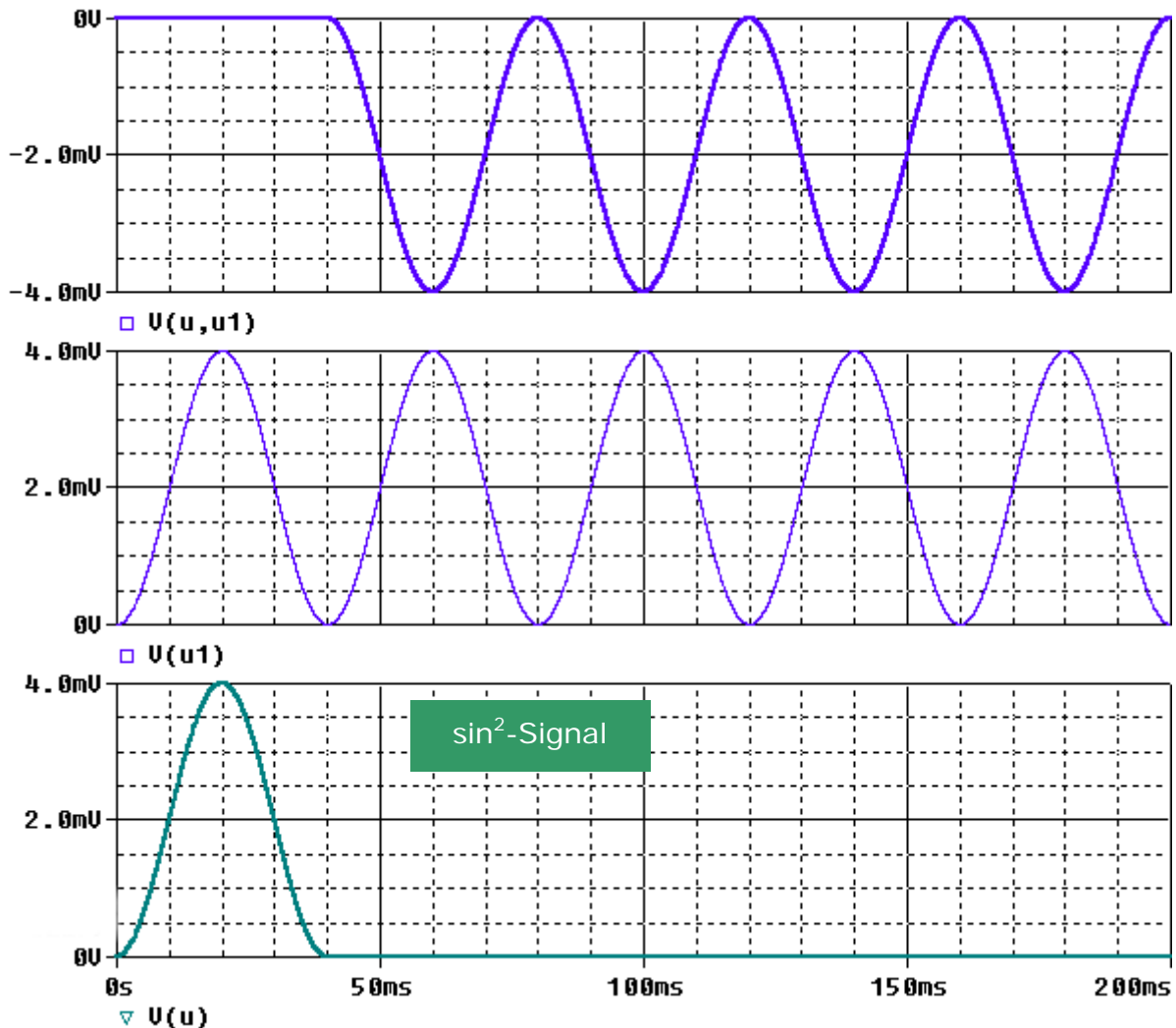
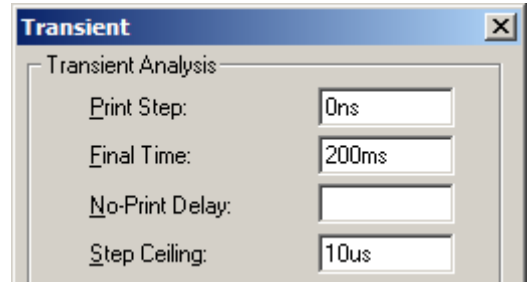
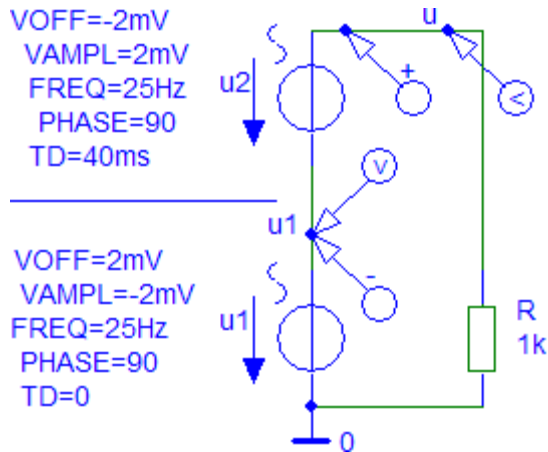


# Lösungsübersicht EL-A W 2009/10

Die Lösungen sind z.T. ausführlicher kommentiert und diskutiert als es während einer Klausur möglich ist.

## 1. Analyse eines 40 ms $\sin^2$ -Signals [45]

1.1  $\sin^2$ -Signal (Gleichung (1), Dauer 40 ms, Maximalwert 4 mV,)



### 1.2 Amplitudenspektrum $U(f)$

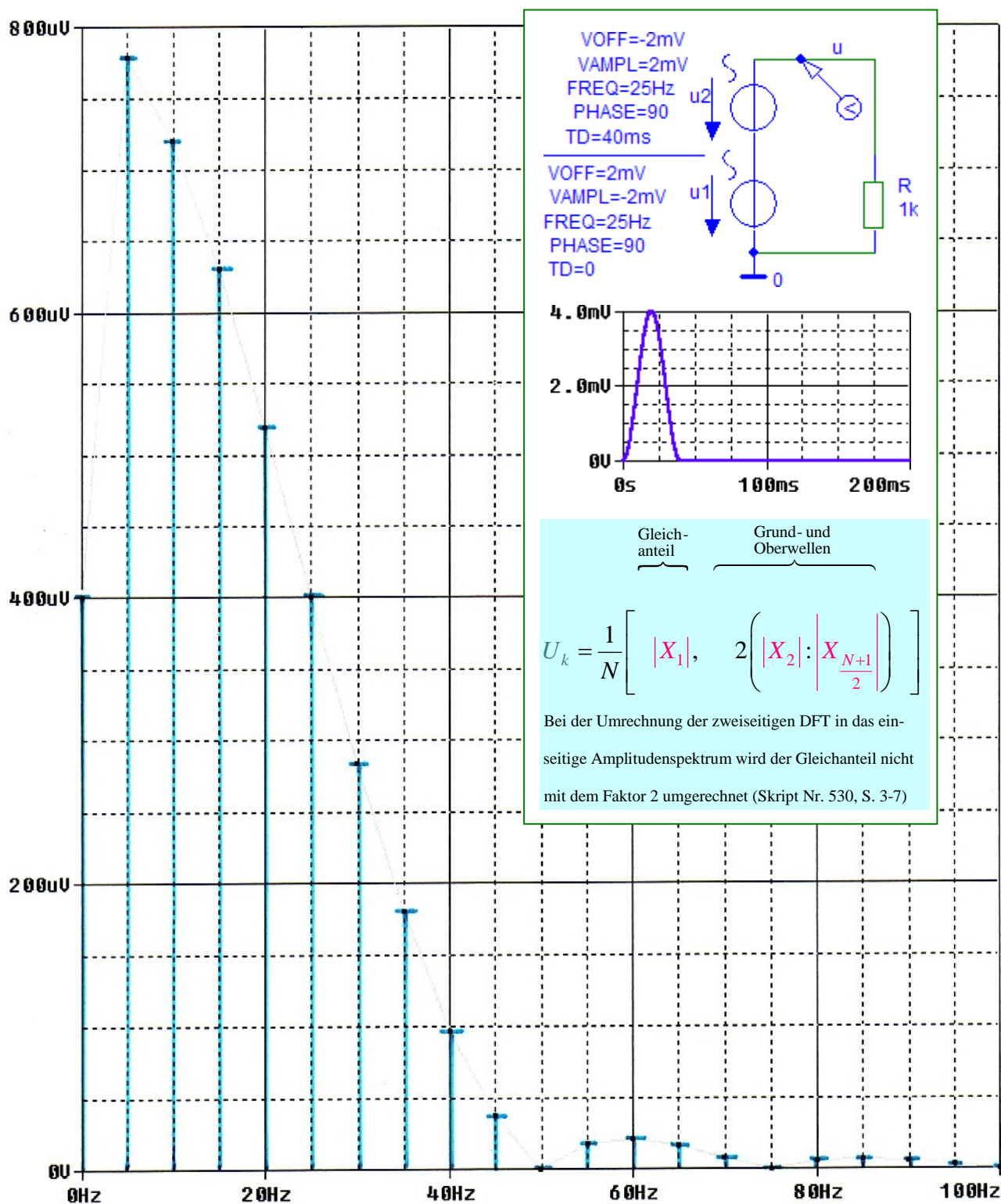


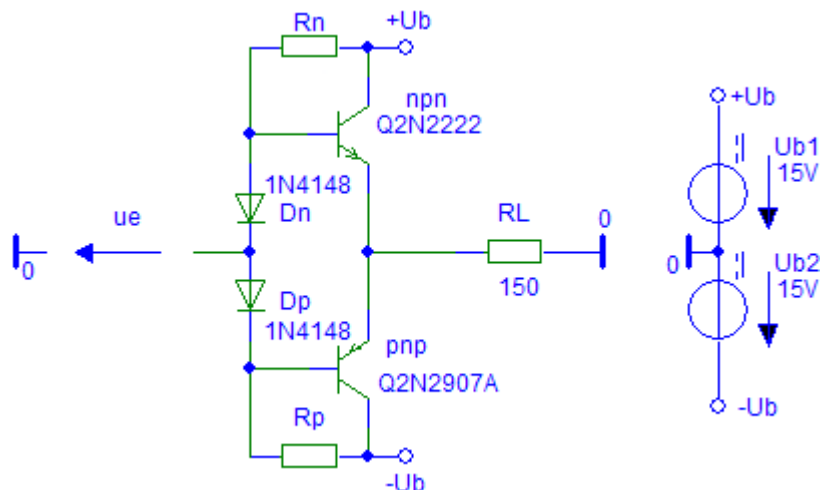
Abb. 2: Amplitudenspektrum  $U(f)$  des  $\sin^2$ -Signals; Linienabstand 5 Hz

## 2.

## Leistungsverstärker

[45]

## 2.1



**Abb. 3:** Direkt gekoppelte Leistungsendstufe im B-Betrieb und mit Diodenkorrektur

⇒ Vorwiderstände der Dioden:

$$R_n = R_p \approx \frac{U_b - U_S}{I_D} = \frac{15 \text{ V} - 0,7 \text{ V}}{0,95 \text{ mA}} = 15,05 \text{ k}\Omega$$

gewählt:  $R_n = R_p = 15 \text{ k}\Omega$

⇒ Verzerrungsmaß THD

$\hat{u}_e/\text{V}$	0,1	0,5	2	5	10	12
THD/%	11,3	6,4	2,6	1,3	1,6	8,1

⇒ Bedingungen

$$R_n = 15 \text{ k}\Omega$$

$$I_{Dn} = 0,96 \text{ mA}$$

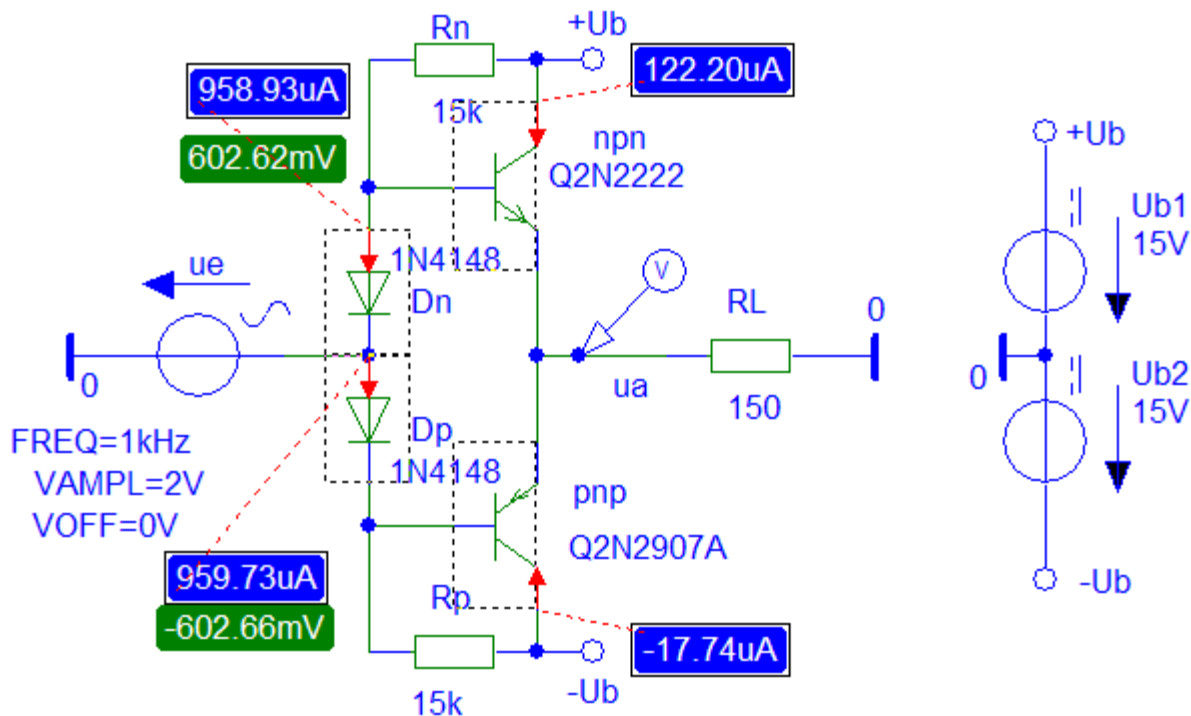
$$R_p = 15 \text{ k}\Omega$$

$$I_{Dp} = 0,96 \text{ mA}$$

$$\text{Final Time} = 3 \text{ ms}$$

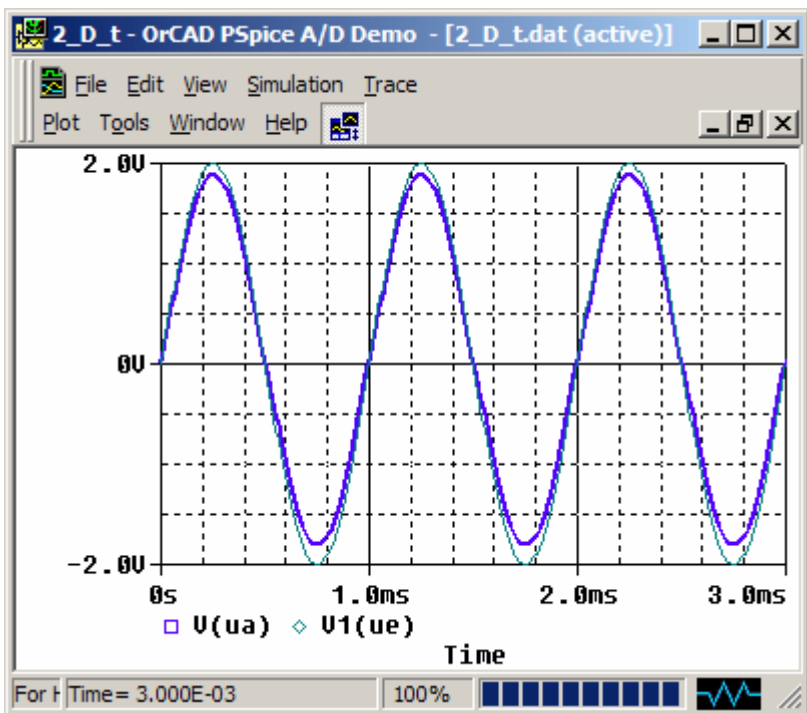
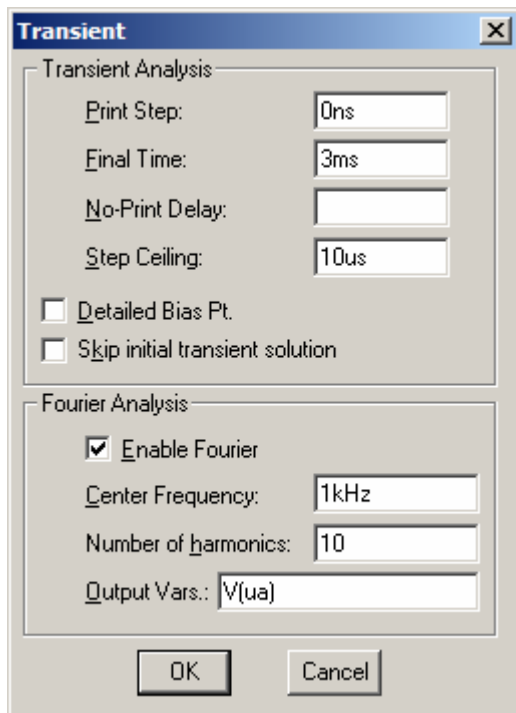
$$\text{Step Ceiling} = 0,01 \text{ ms}$$

Direkt gekoppelte Leistungsendstufe im B-Betrieb und mit Diodenkorrektur

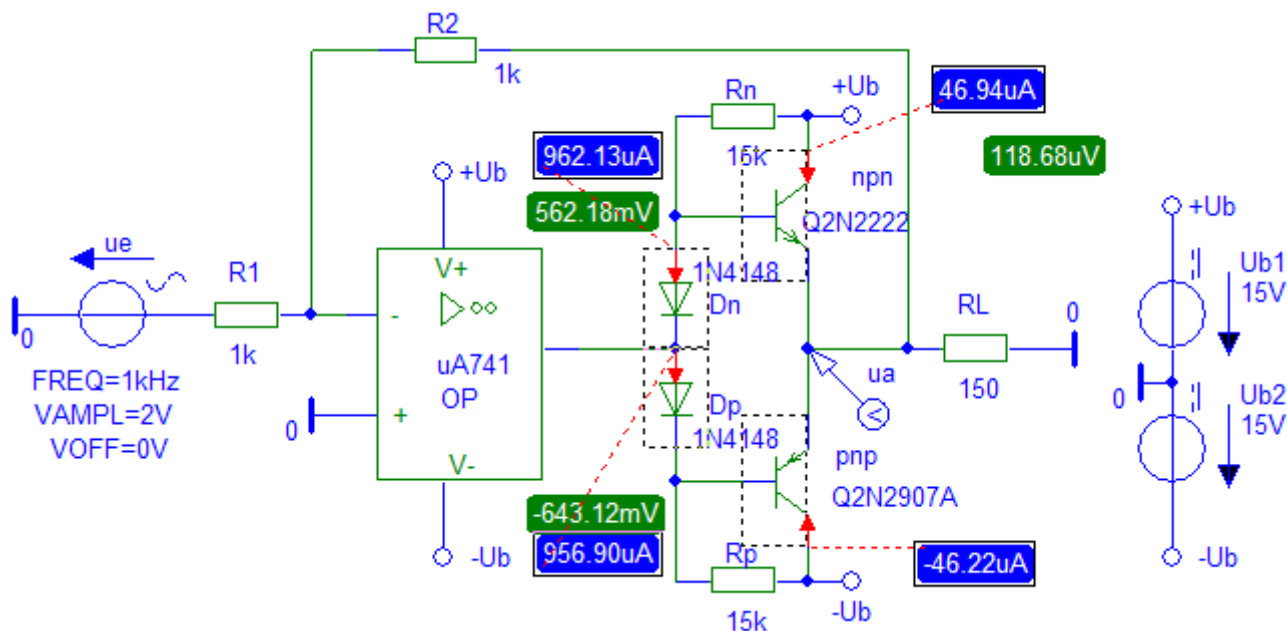


Transienten-Menü

Probe-Plot



## 2.2 Invertierender Verstärker und Leistungsendstufe mit Gegenkopplung über alles



⇒ Verstärkungsbestimmende Widerstandswerte  $R_1, R_2$

$$R_e = 1,00 \text{ k}\Omega \quad \Rightarrow \quad R_1 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$G_v = 0,00 \text{ dB} \quad \Rightarrow \quad v_u = R_2/R_1 = 1 \quad \Rightarrow \quad R_2 = R_1$$

Tabelle 2	$\hat{u}_e/\text{V}$	0,1	0,5	2	5	10	12
		THD/%	0,11	0,06	0,06	0,03	4,7

⇒ Bedingungen  $R_n = 15 \text{ k}\Omega$   $I_{Dn} = 0,96 \text{ mA}$

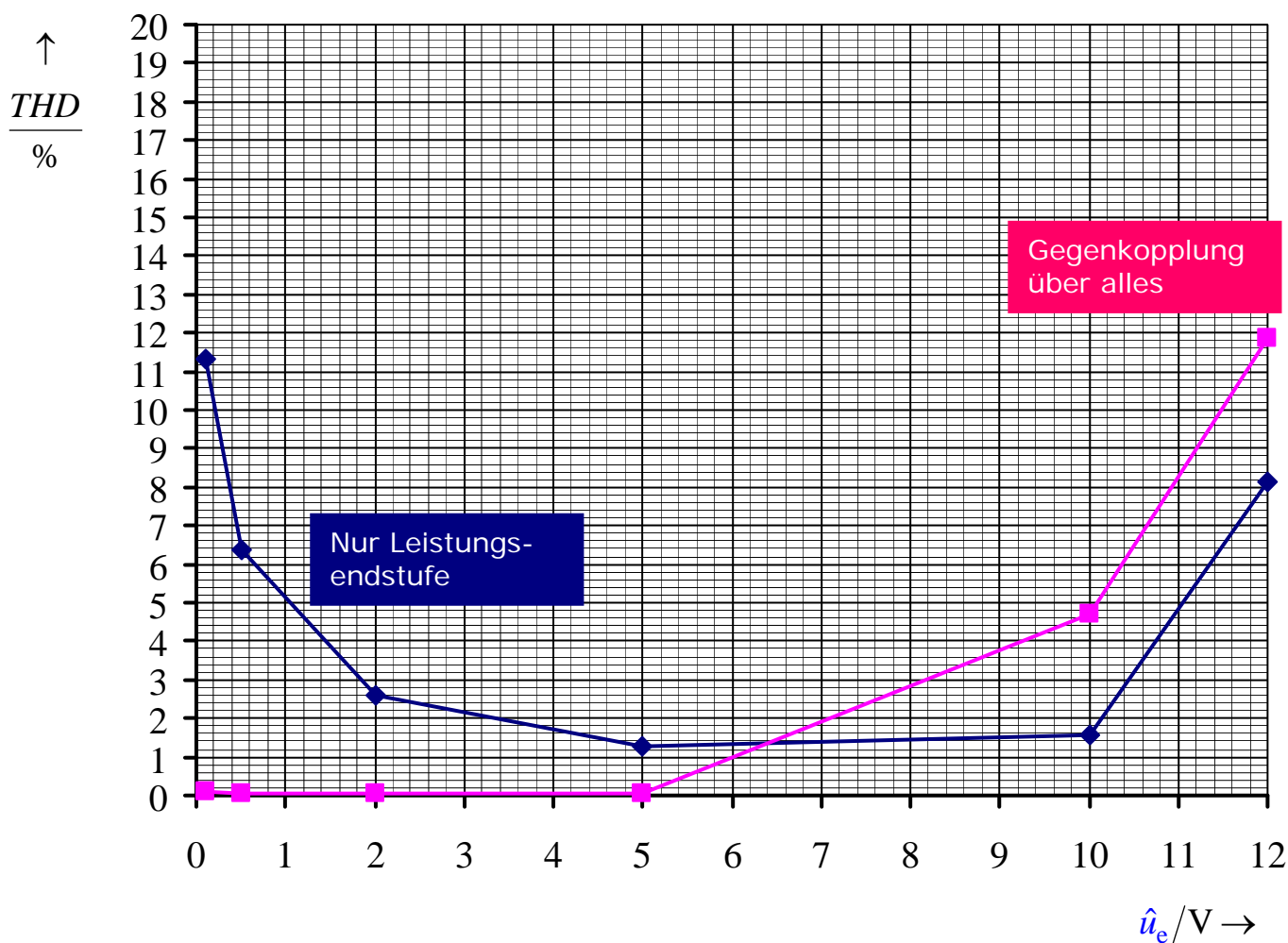
$R_p = 15 \text{ k}\Omega$   $I_{Dp} = 0,96 \text{ mA}$

Final Time = 3 ms Step Ceiling = 0,01 ms

⇒ Leistungsverstärkung

$$v_p = P_a/P_e$$

$\tilde{u}_e = \frac{2 \text{ V}}{\sqrt{2}} = 1,41 \text{ V}$	$P_e = \frac{\tilde{u}_e^2}{R_1} = 0,002 \text{ W}$	Ergebnis $v_p = 6,67$
$\tilde{u}_a = 1,41 \text{ V}$ (RMS-Messung)	$P_a = \frac{\tilde{u}_a^2}{R_L} = 0,0133 \text{ W}$	



**Abb. 4:**  $THD = f(\hat{u}_e)$ : TOTAL HARMONIC DISTORTION  $THD$  als Funktion der Eingangsspannungsamplitude  $\hat{u}_e$  (Step Ceiling = 0,01 ms)

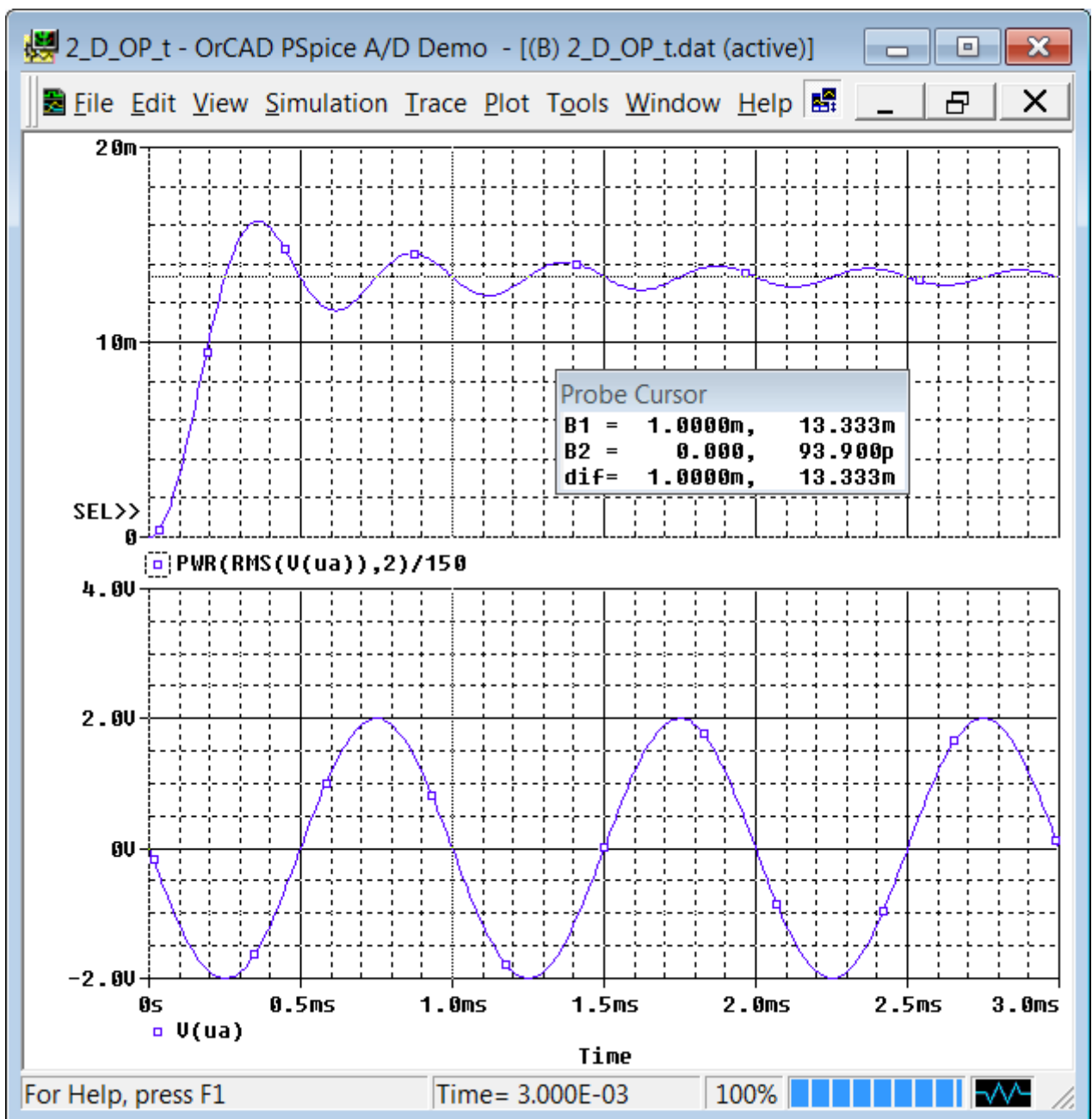
**Ursachen** für den **wannenförmigen Verlauf**  $THD = f(\hat{u}_e)$

Bei niedrigen Amplitudenwerten (Basis-Emitter-Schleusenspannung [Übertragungslücke] groß gegenüber  $\hat{u}_e$ ) wirken sich die Übernahmeverzerrungen mehr aus als bei mittleren. Bei großen Amplituden erhöht die begrenzendende Wirkung der Endstufe (und bei „Gegenkopplung über alles“ des uA741) die nichtlinearen Verzerrungen.

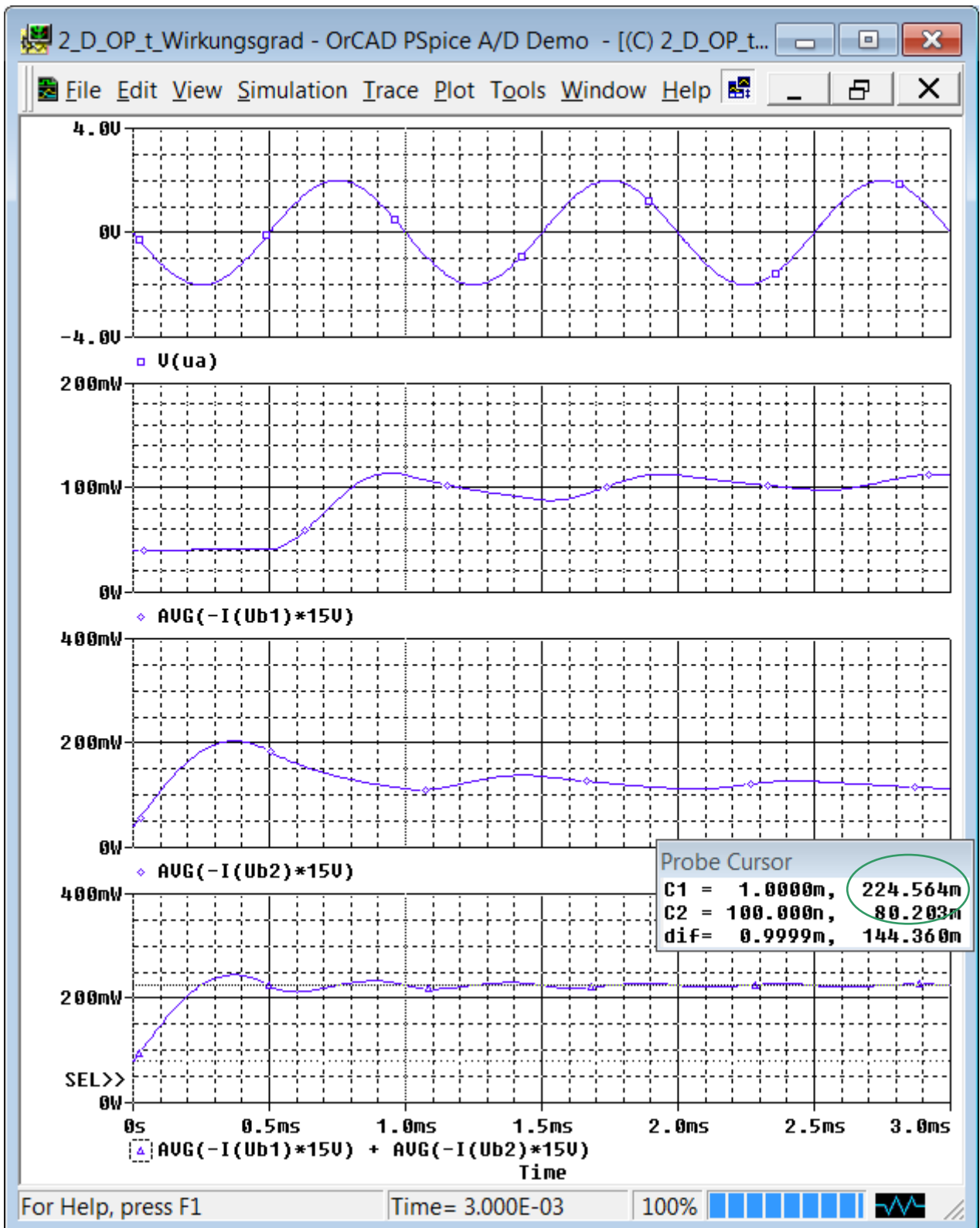
**Warum** die Gegenkopplung den THD-Wert verringert

Die „Gegenkopplung über alles“ regelt die Abweichungen zwischen  $u_e$  (Sollsignal) und  $u_a$  (Istsignal) fast vollständig aus, deshalb weist THD bei kleinen und besonders bei mittleren Amplituden kleine Werte auf.

**Ausgangsleistung** mal anders



## Wirkungsgrad (nicht gefragt)



Gesamt-Speiseleistung  $P_{\text{Speise}}$ : 225 mW, Ausgangsleistung  $P_a$ : 0,0133 W

$$\eta = P_a / P_{\text{Speise}} = 13,3 \text{ mW} / 225 \text{ mW}$$

Ausgangsleistung mal ganz anders ;-)

