

# Richtkoppler



**Ortsverband Pulheim G40**

# Transceiver / Antennen Konfiguration



50 $\Omega$

50W



50 $\Omega$



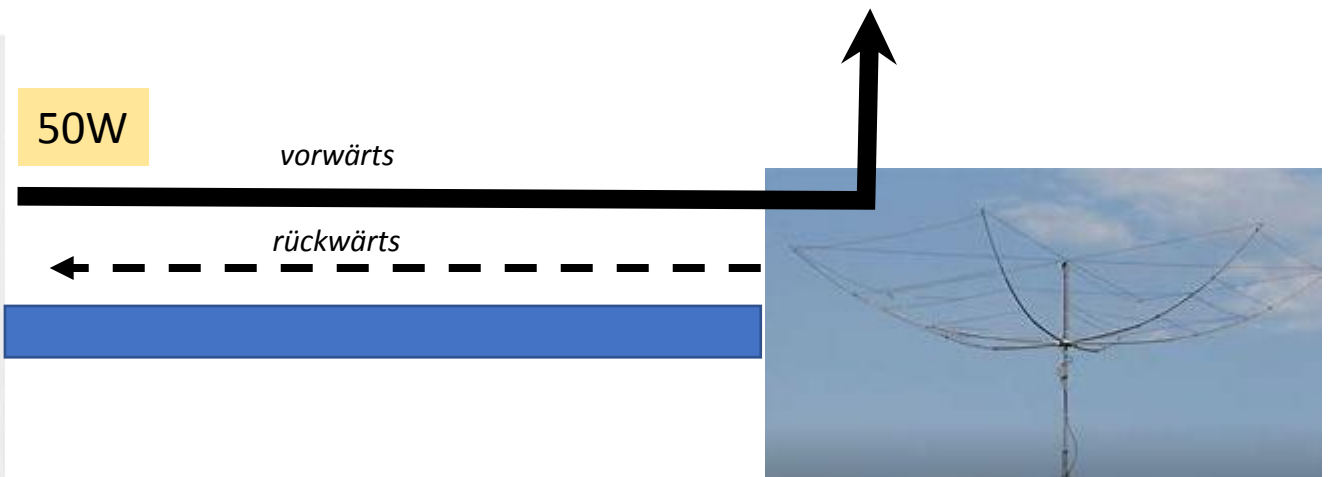
2 – 2500  $\Omega$

50W – Verlust + Gewinn-  
rücklaufende Welle

Unterschiedliche Impedanzen  
bedeuten Reflexionen

# Transceiver / Antennen Konfiguration

50W – Verlust + Gewinn – rückwärtslaufende Welle



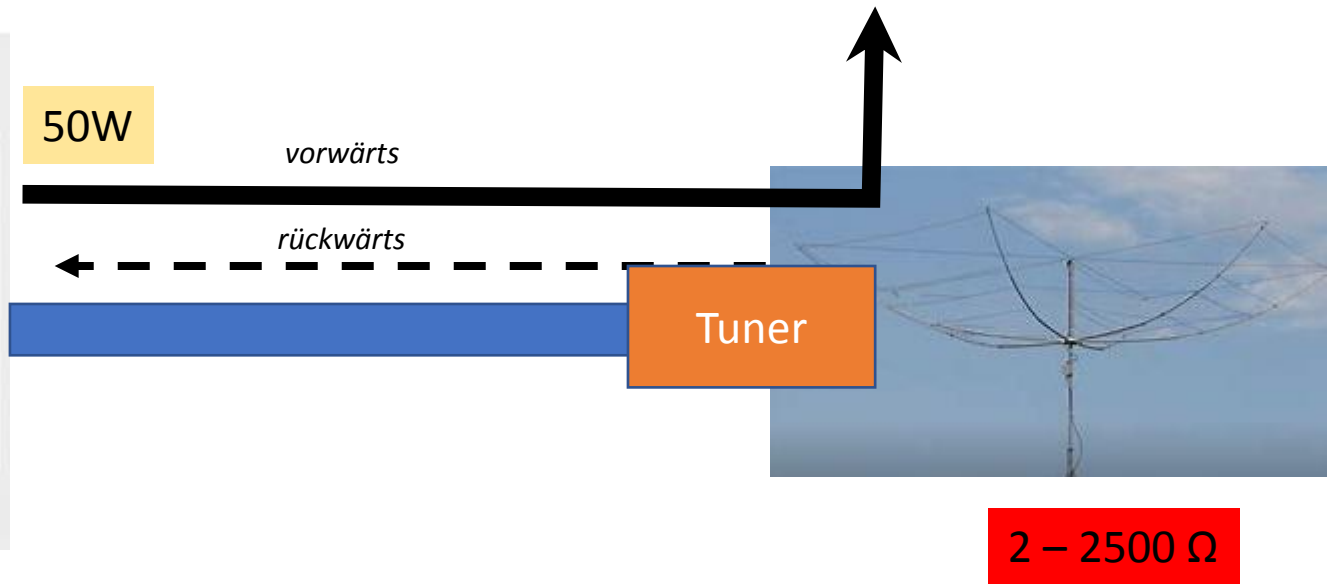
2 – 2500 Ω

$$SWR = \frac{V + R}{V - R}$$

# Transceiver / Antennen Konfiguration



50W – Verlust + Gewinn – rückwärtslaufende Welle



$$SWR = \frac{V + R}{V - R}$$

Der Tuner passt die unterschiedlichen Impedanzen an und reduziert so die rücklaufende Welle

# Transceiver / Antennen Konfiguration

50W – Verlust + Gewinn – rückwärtslaufende Welle

Voraussetzung ist, dass man die jeweiligen Größen kennt und sie so optimieren kann



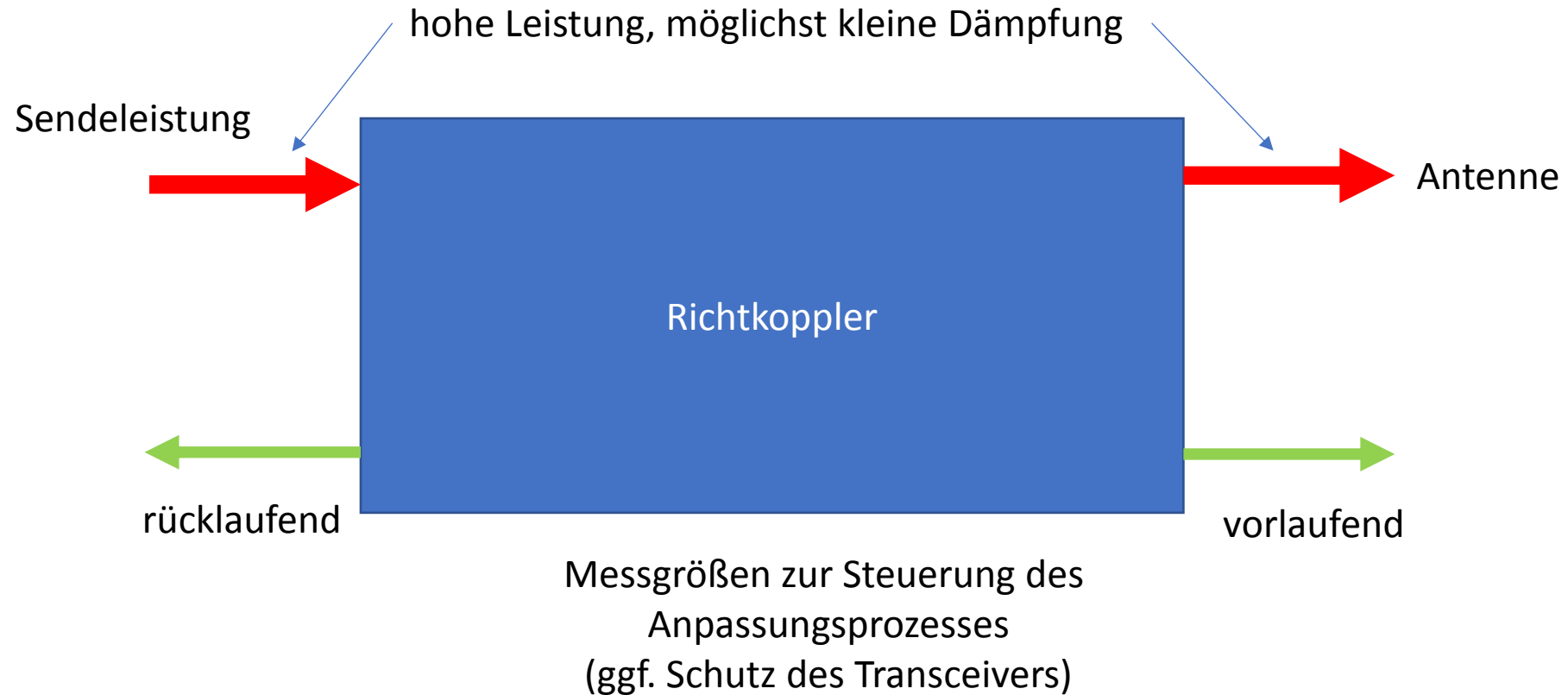
## Richtkoppler

2 – 2500 Ω

$$SWR = \frac{V + R}{V - R}$$

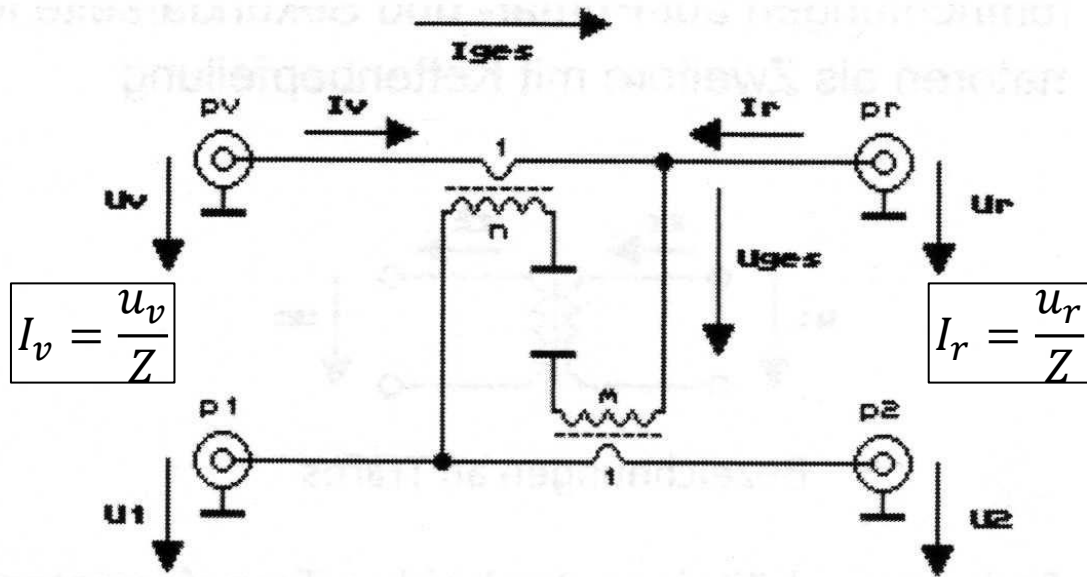
Und reduziert so die rücklaufende Welle

# Richtkoppler



Sontheimer / Frederick haben dazu einen Systemvorschlag entwickelt, auf dem heute viele Richtkoppler basieren

# Richtkoppler



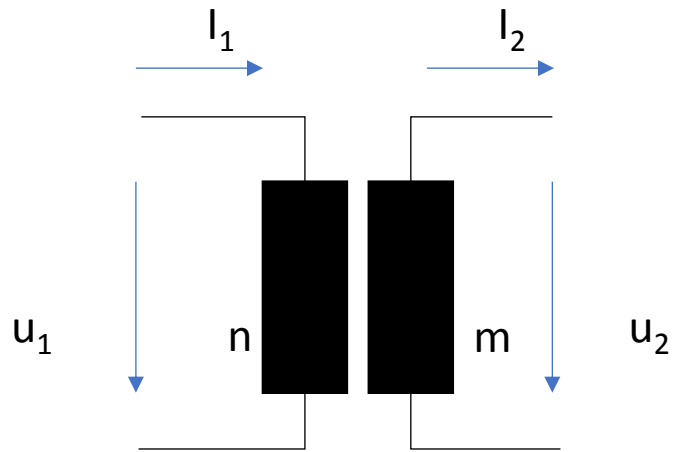
Richtkoppler nach Sontheimer-Frederick

Z – Impedanz des Systems

$u_v$  und  $u_r$  überlagern sich

$$u_{ges} = u_v + u_r$$
$$I_{ges} = I_v - I_r = \frac{u_v - u_r}{Z}$$

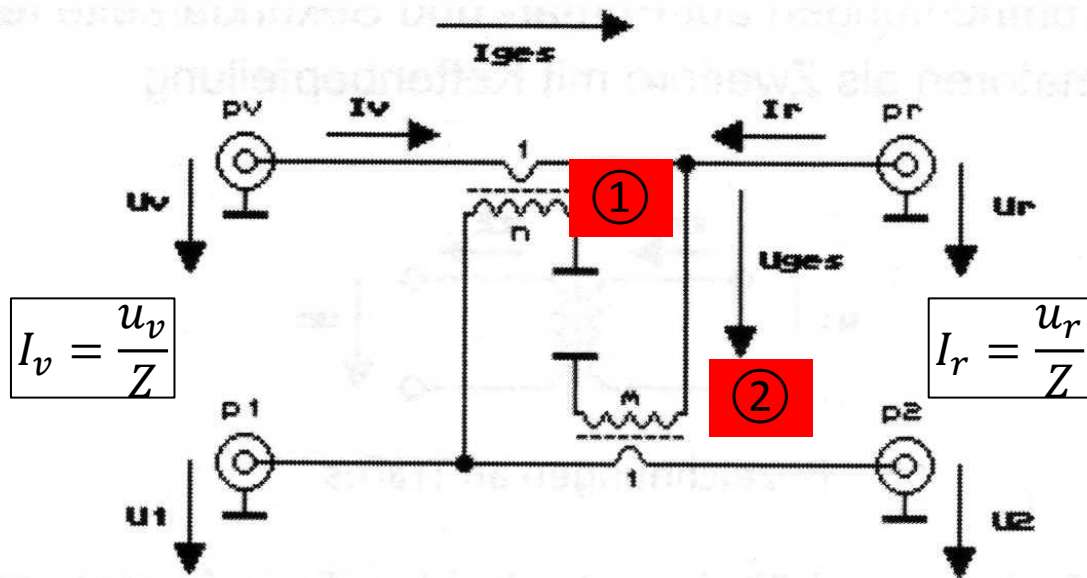
# Richtkoppler, Betrachtung eines Transformators



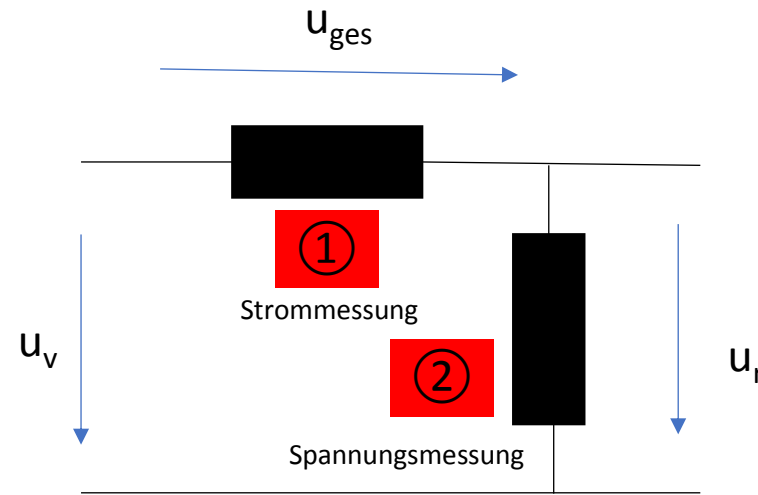
$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{n}{m}$$



# Richtkoppler



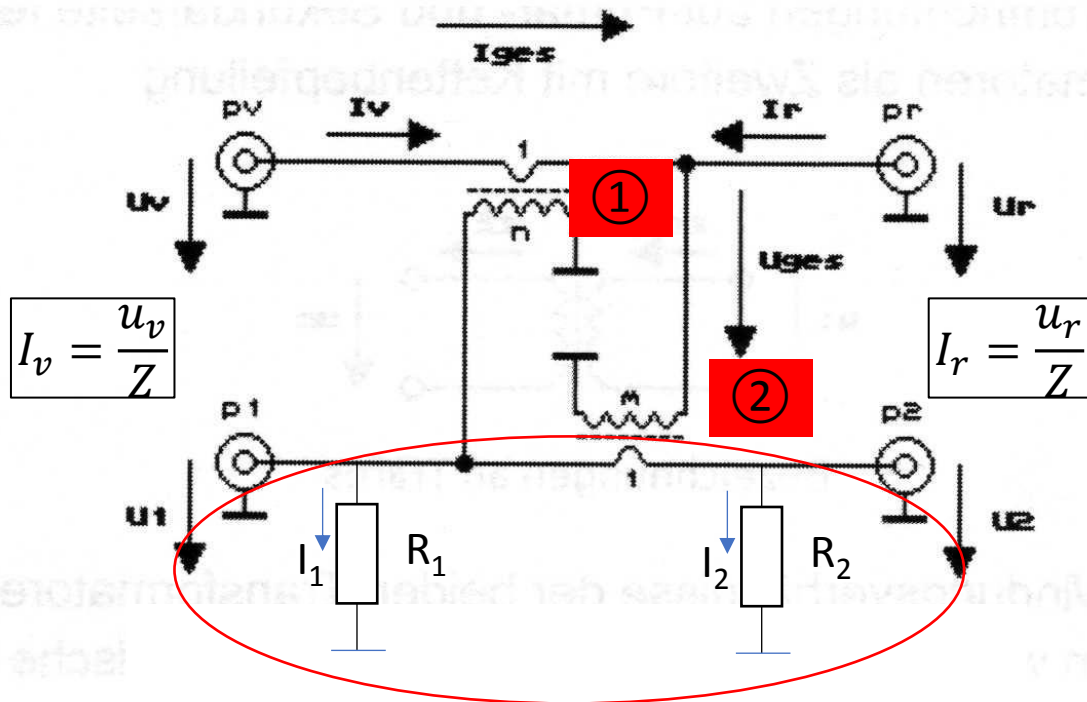
Richtkoppler nach Sontheimer-Frederick



Windungsverhältnisse:

$$n_{\textcircled{1}} = \frac{1}{n} \quad n_{\textcircled{2}} = \frac{1}{m}$$

# Richtkoppler

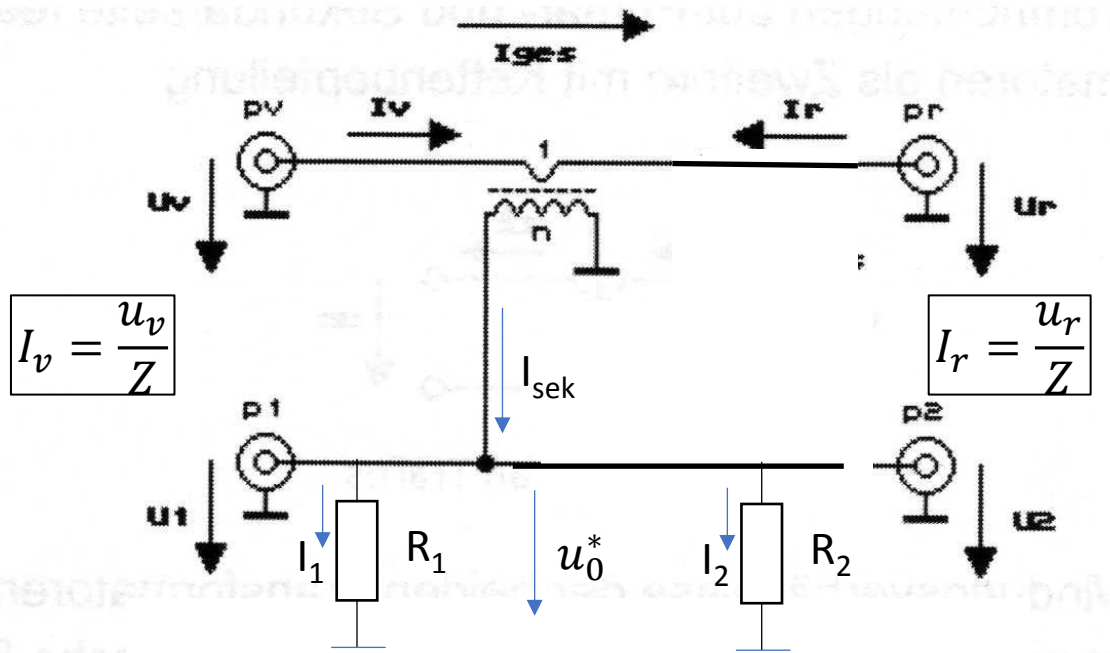


Zur Messung des SWR wird der Messzweig ( $p_1$  ;  $p_2$ ) mit Impedanzen abgeschlossen

Die Spannung an den Toren entspricht dann der vorlaufenden resp. rücklaufenden Wellenamplitude

*da wir von streng linearen Systemen ausgehen, ist eine Betrachtung von Teilsystemen mit Superposition der Ergebnisse zulässig*

# Richtkoppler, I Stromkopplung



$$I_{sek} = \frac{I_{ges}}{n} = \frac{u_v - u_r}{nZ}$$

$$0 = I_{sek} - I_1 - I_2$$

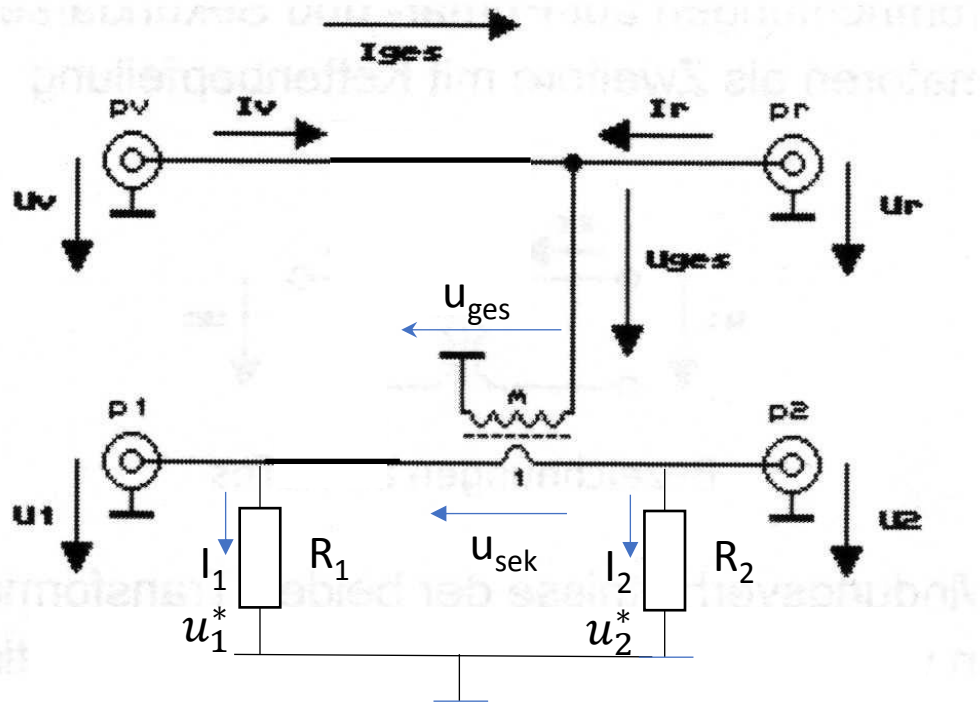
$$I_{sek} = I_1 + I_2 = \frac{u_0^*}{R_1} + \frac{u_0^*}{R_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} u_0^*$$

$$\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} u_0^* = \frac{u_v - u_r}{nZ}$$

$$u_0^* = \frac{u_v - u_r}{nZ} \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Annahme:  $R_1$  und  $R_2$  seien reell. Daraus folgt, daß  $I_1$  und  $I_2$  phasengleich sind

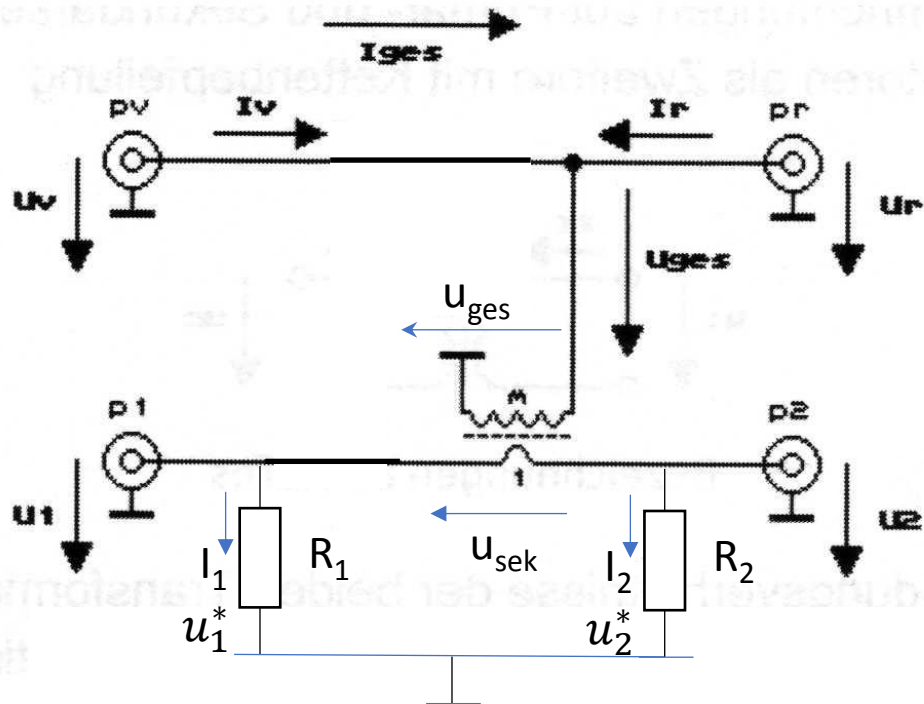
# Richtkoppler, Spannungskopplung



$$u_{sek} = \frac{u_{ges}}{m} = \frac{u_v + u_r}{m}$$

nicht gegen Masse !

# Richtkoppler, Spannungskopplung



$$u_1^* = -\frac{R_1}{R_1 + R_2} u_{sek} = -\frac{R_1}{R_1 + R_2} \frac{u_v + u_r}{m}$$

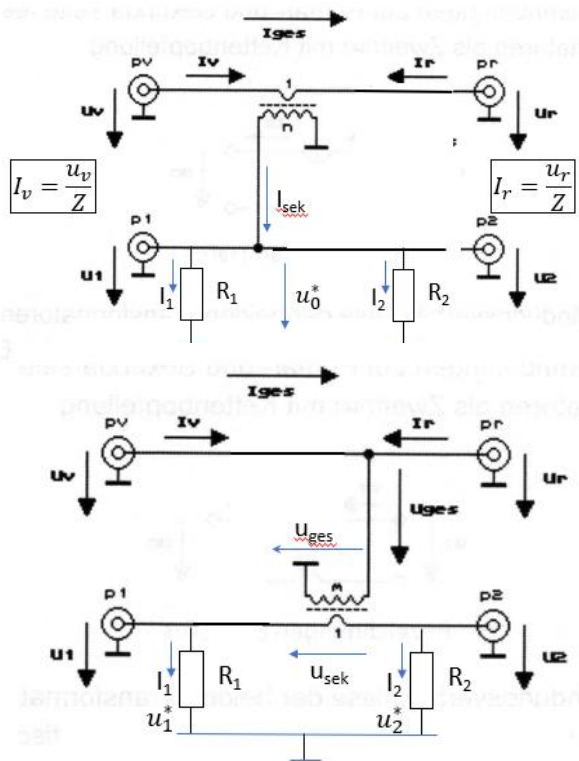
$$u_2^* = -\frac{R_2}{R_1 + R_2} u_{sek} = -\frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{u_v + u_r}{m}$$

$u_{sek}$  nicht gegen Masse  $u_{sek} = u_2^* - u_1^*$

$u_{sek}$  ist  $180^\circ$  verschoben zwischen  $u_1$  und  $u_2$

# Richtkoppler, Gesamtbetrachtung

Wir führen nun die Ergebnisse der Stromkopplung und der Spannungskopplung zusammen



$$u_1 = u_0^* + u_1^*$$

$$u_2 = u_0^* + u_2^*$$

$$u_1 = \frac{mR_1R_2 - nR_1Z}{mn(R_1 + R_2)Z} u_v - \frac{mR_1R_2 + nR_1Z}{mn(R_1 + R_2)Z} u_r$$

$$u_2 = \frac{mR_1R_2 - nR_2Z}{mn(R_1 + R_2)Z} u_v - \frac{mR_1R_2 + nR_2Z}{mn(R_1 + R_2)Z} u_r$$

$$\left. \begin{aligned} u_1 &= f(u_v, u_r) \\ u_2 &= f(u_v, u_r) \end{aligned} \right\}$$

Problem: die Tore sollten jeweils nur Funktion einer Welle (vorlaufend oder rücklaufend) sein

# Richtkoppler, Gesamtbetrachtung

gesucht werden also Kombinationen von Werten, die die o.g. Anforderungen erfüllen

wir nehmen an, daß alle Variablen reelle Größen sind  
(bei Z können wir das im abgestimmten Zustand  
durchaus annehmen)

Wir suchen also nach entsprechenden Nullstellen

# Richtkoppler, Gesamtbetrachtung

Wir suchen also nach entsprechenden Nullstellen

$$mR_1R_2 - nR_1Z = 0$$

$$mR_1R_2 = nR_1Z$$

$$mR_1R_2 - nR_2Z = 0$$

$$mR_1R_2 = nR_2Z$$

$$R_1 = R_2$$

**Der Richtkoppler erfordert gleiche Widerstände**

$$mR^2 = nRZ$$

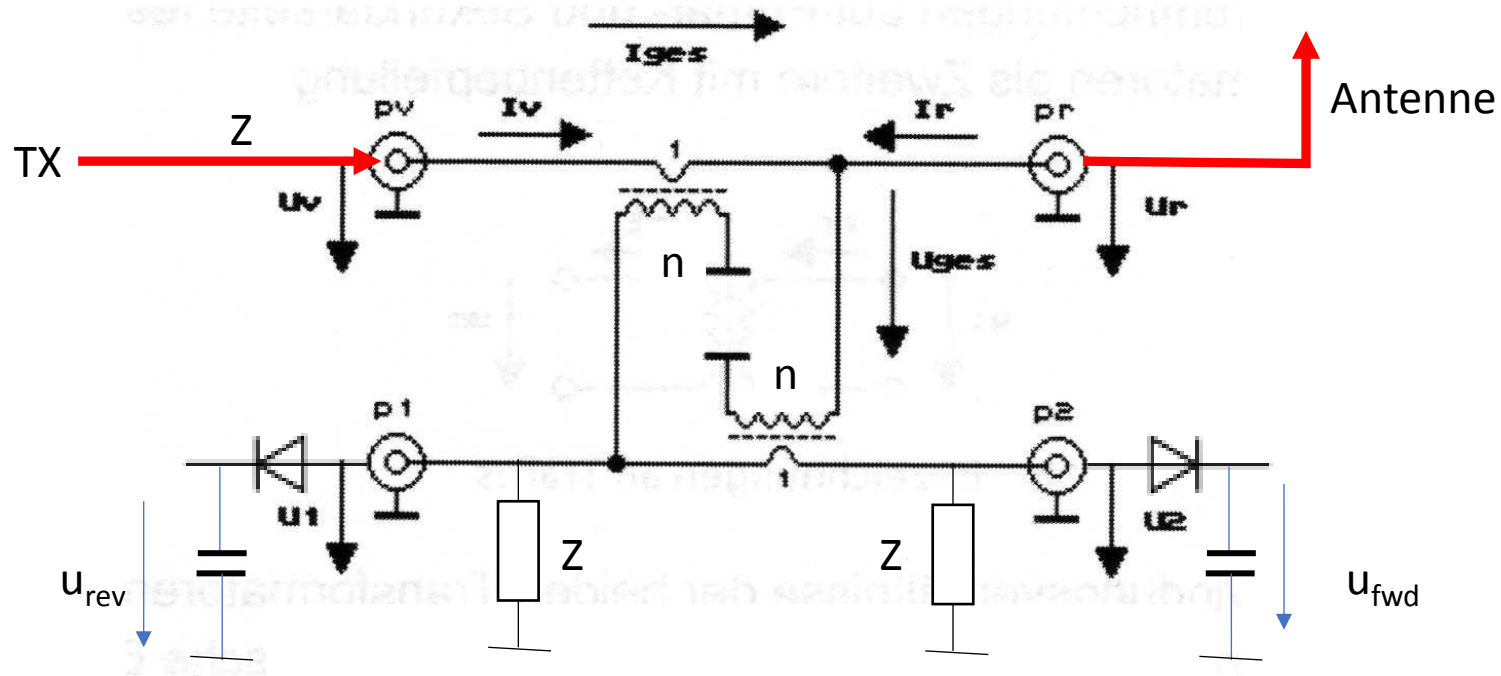
$$mR = nZ$$

mit  $R=Z$  folgt:

$$m = n$$



# Richtkoppler, Gesamtbetrachtung



$$u_1 = -\frac{1}{n} u_r$$

$$u_2 = -\frac{1}{n} u_v$$

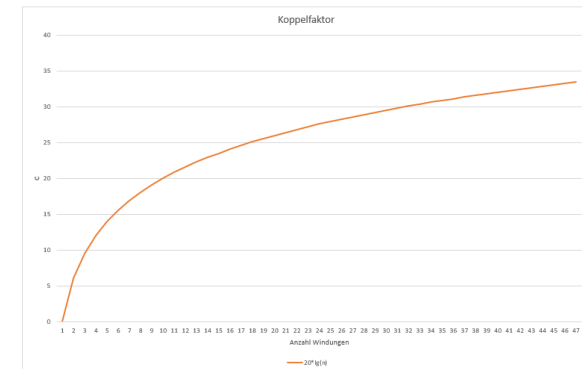
# Richtkoppler, Koppelfaktor

$$P_v = \frac{u_v^2}{Z} \quad P_2 = \frac{u_2^2}{Z} = \frac{u_v^2}{n^2 Z}$$

$$\frac{P_2}{P_v} = \frac{u_v^2}{n^2 Z} \frac{Z}{u_v^2} = n^{-2}$$

Koppelfaktor C

$$C_{2,v} = -10 \lg \frac{P_2}{P_v} = -10 \lg n^{-2} = 20 \lg n$$



# Richtkoppler, Einfügedämpfung $L_C$

die am Tor2 verrichtete Arbeit wird von der vorlaufenden Welle entnommen

$$L_{C2,v} = -10 \lg \left( 1 - \frac{P_2}{P_v} \right) = -10 \lg(1 - n^{-2})$$

Windungszahl :  $n^2 = 10^{\frac{C_{2,v}}{20}}$

n nur ganzzahlig

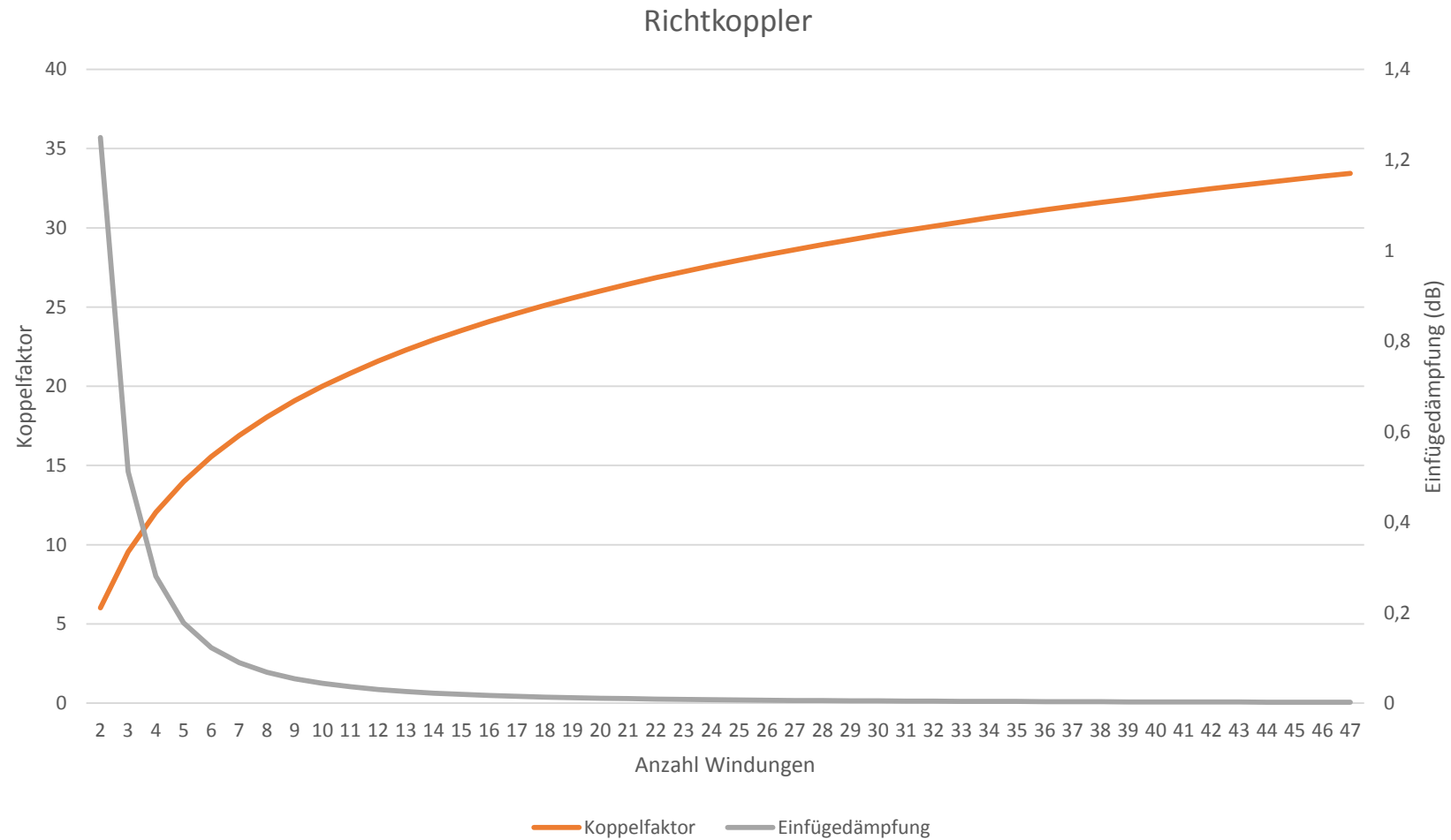
30 dB

bei n=30

C=29,54

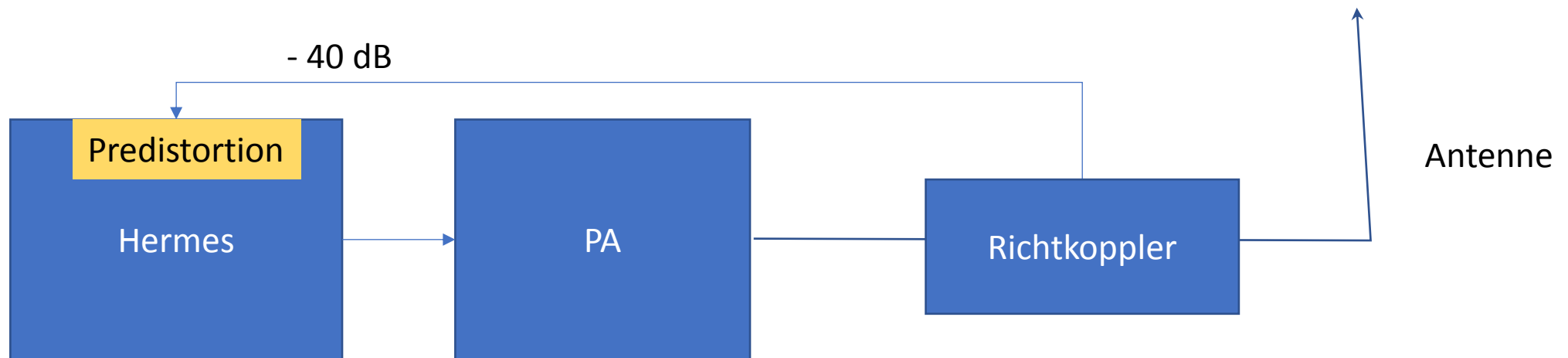
$L_C = 0,048$  dB

# Richtkoppler, Einfügedämpfung $L_C$



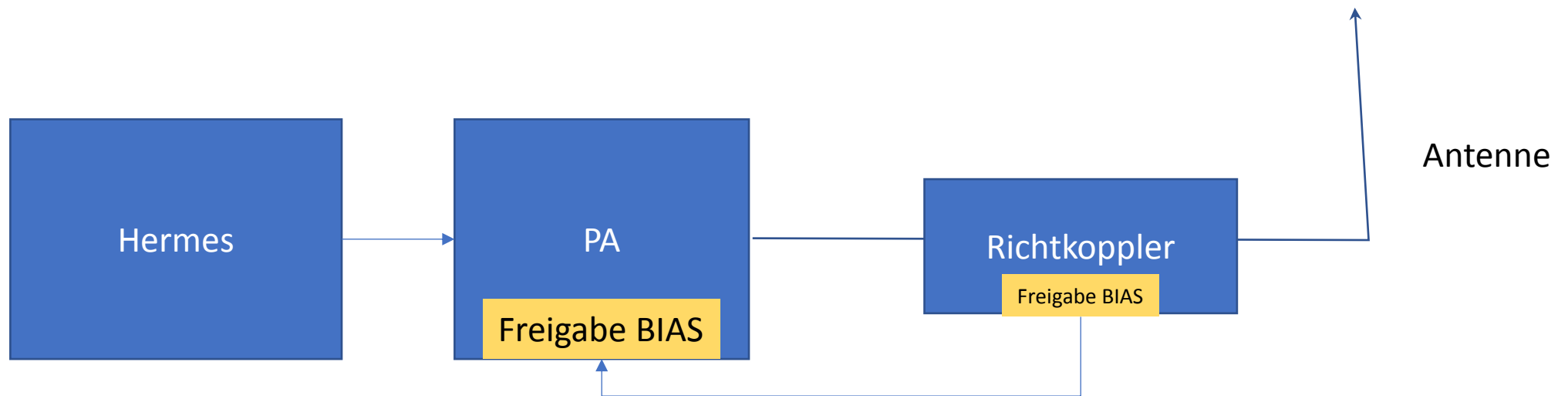
# Was ergeben sich für Möglichkeiten

Entnahme von gedämpften Werten der vorlaufenden Welle, z.B. für Zwecke der Predistortion



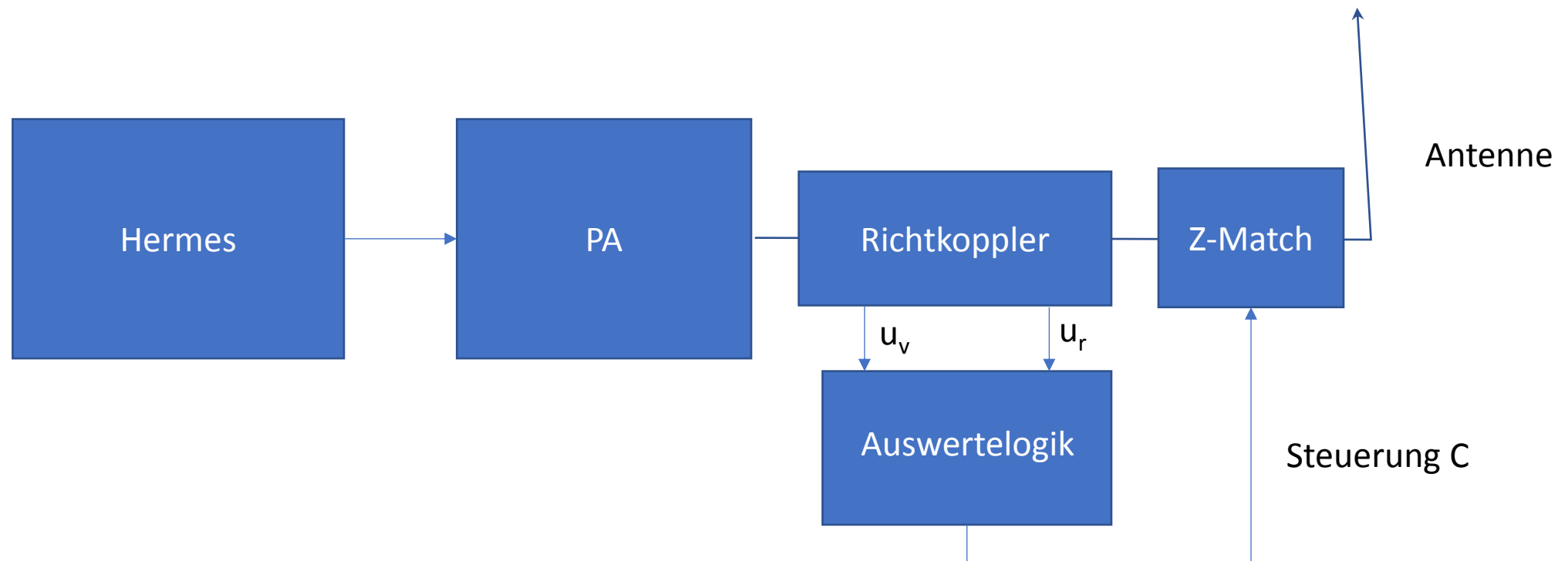
# Was ergeben sich für Möglichkeiten

Schutzschaltung

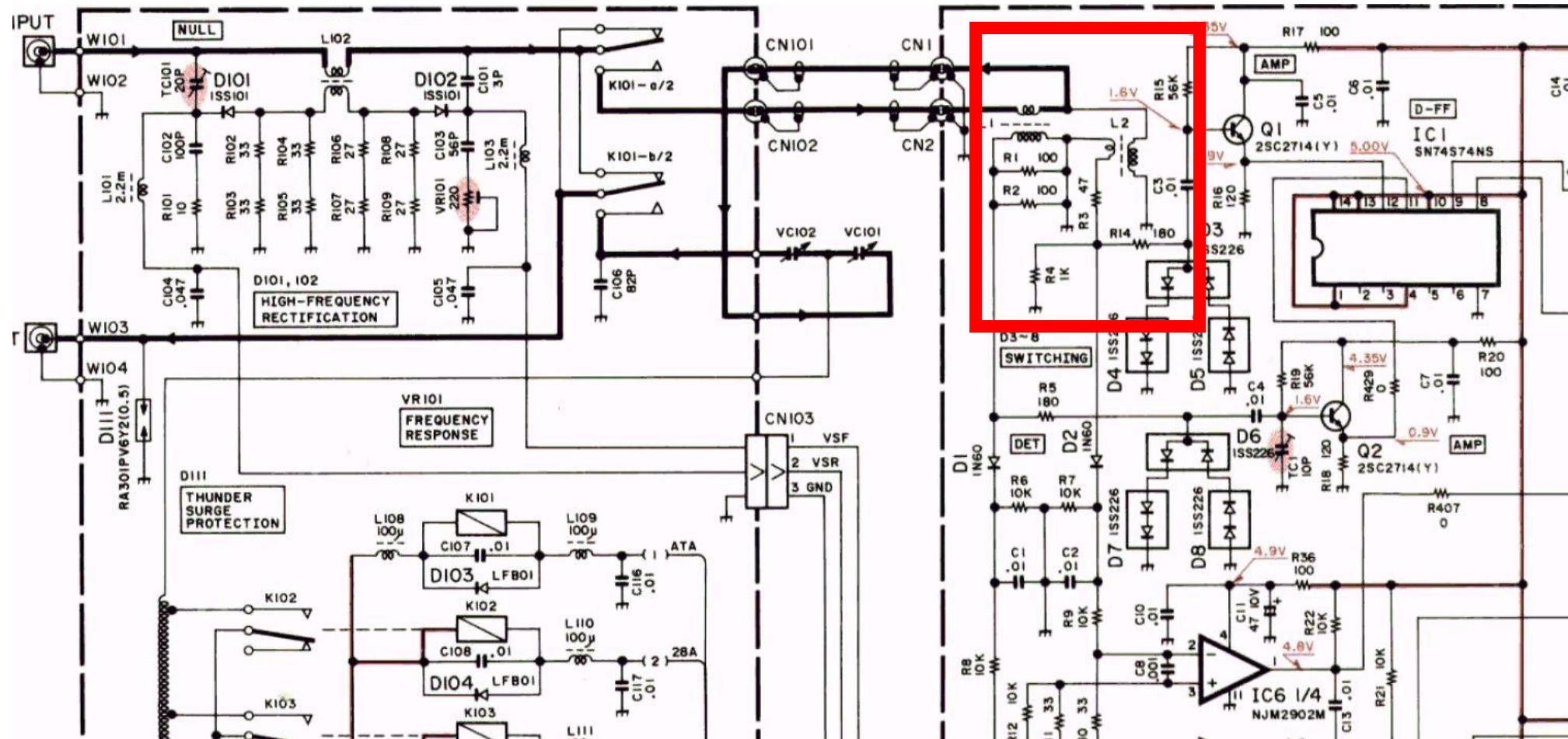


# Was ergeben sich für Möglichkeiten

Automatisierung einer Z-Match



# Richtkoppler in praktischer Anwendung



Bsp: Kenwood AT-50



# Richtkoppler in praktischer Anwendung

Bsp: Kenwood AT-50, circuit description

## **Automatic antenna tuner**

The transmission power from the transmitter is passed through the current/voltage detection transformers L1 and L2, which use a toroidal core. The current and voltage components detected here are rectified by the waveform rectification circuit consisting of D3 to D5 and Q1, and D6 to D8 and Q2, and then phase compared by IC1 (SN74S74NS). The output signals from pins 8 and 9 of IC1 ( $\bar{Q}$  and Q) are passed through switch IC2 (TC4066BF) and go to motor drive IC, IC4 (BA6109U2). Variable resistor VR1 with a motor is driven to rotate variable condenser VC101 so that the phase difference of the voltage and current components decreases.

The current and voltage components detected by L1 and L2 are rectified by germanium diodes D1 and D2 (1N60) and are applied to the comparator of voltage comparison circuit IC6 (NJM2902M) as the amplitude component. The comparator output is passed through switch IC3 (TC4066BF). It then goes to another motor drive IC5 (BA6109U2), and variable resistor VR2 with a motor is driven to rotate variable condenser VC102 so that the amplitude difference decreases.

Therefore, variable condenser VC101 for capacitance adjustment is controlled so that the current and voltage phases match. Variable condenser VC102 for resistance adjustment is controlled so that the current and voltage amplitude difference decreases. The SWR is 1 when the phases match and there is no amplitude difference.

The motor speed of VR1 and VR2 is determined by the duty ratio of the pulse input to pin 8 of IC4 and IC5, and is controlled by the speed of the VSWR calculated by the CPU and the preset value.

Pulse signals SPD1 and SPD2 output from the CPU pass through Q7 and Q8 (DTC143EK), are amplified by Q5 and Q6 (2SA1204), and the resulting signals go to IC4 and IC5 as control pulses.

If the SWR is 3 or more, the motor runs at high speed since the duty cycle of the motor drive voltage pulse is 100%. If the SWR is 2, the duty cycle becomes about 50%, and the motor runs at low speed.