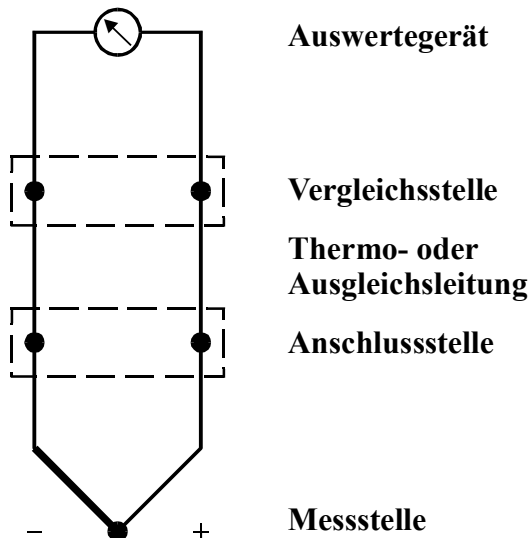


Funktion und Aufbau von Thermoelementen

Thermoelemente bilden sich immer dort, wo zwei verschiedene Metalle elektrisch leitend verbunden sind. An dieser Verbindungsstelle entsteht eine temperaturabhängige Kontaktspannung, der sogenannte „Seebeck-Effekt“.

Diese Kontaktspannung (Thermospannung) hängt von den beiden Metallen und der Temperaturdifferenz zwischen der Verbindungsstelle (Messstelle) und den offenen Enden (Anschlussstelle) ab.



Thermoelemente nach DIN EN 60 584-1 und DIN 43 710

Thermoelemente sind in der DIN EN 60 584-1 und DIN 43 710 mit ihren Spannungsreihen, zulässigen Toleranzen und in der Farbkennzeichnung genormt.

Farbkennzeichnung für Thermoelemente nach DIN EN 60 584

Element	Typ	Mantel	Plus-schenkel	Minus-schenkel
Cu-CuNi	„T“	braun	braun	weiß
Fe-CuNi	„J“	schwarz	schwarz	weiß
NiCr-Ni	„K“	grün	grün	weiß
NiCrSi-NiSi	„N“	rosa	rosa	weiß
NiCr-CuNi	„E“	violett	violett	weiß
Pt10Rh-Pt	„S“	orange	orange	weiß
Pt13Rh-Pt	„R“	orange	orange	weiß

Farbkennzeichnung für Thermoelemente nach DIN 43 710

Element	Typ	Mantel	Plus-schenkel	Minus-schenkel
Fe-CuNi	„L“	blau	rot	blau
Cu-CuNi	„U“	braun	rot	braun

Unbedingt zu beachten ist, dass Thermoelemente bis zur Vergleichsstelle mit der zum Element passenden Thermo- oder Ausgleichsleitung verlängert werden müssen. Die Vergleichsstelle ist bei Auswertegeräten, wie Reglern, Anzeige- und Registriergeräten meistens vorhanden.

In der DIN EN 60584 und der DIN 43710 sind Thermoelemente vom Typ Fe-CuNi („J“ und „L“) wie auch Cu-CuNi („T“ und „U“) genormt, deren Spannungsreihen **nicht** übereinstimmen. Sie sind **nicht** austauschbar.

Thermospannungen nach DIN EN 60 584 für Temperaturen gestuft in mV von jeweils 10 zu 10°C (Vergleichsstelle 0°C)

Pt13Rh-Pt "R"

°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0,054	0,111	0,171	0,232	0,296	0,363	0,431	0,501	0,573
100	0,647	0,723	0,800	0,879	0,959	1,041	1,124	1,208	1,294	1,380
200	1,468	1,557	1,647	1,738	1,830	1,923	2,017	2,111	2,207	2,303
300	2,400	2,498	2,596	2,695	2,795	2,896	2,997	3,099	3,201	3,304
400	3,407	3,511	3,616	3,721	3,826	3,933	4,039	4,146	4,254	4,362
500	4,471	4,580	4,689	4,799	4,910	5,021	5,132	5,244	5,356	5,469
600	5,582	5,696	5,810	5,925	6,040	6,155	6,272	6,388	6,505	6,623
700	6,741	6,860	6,979	7,098	7,218	7,339	7,460	7,582	7,703	7,826
800	7,949	8,072	8,196	8,320	8,445	8,570	8,696	8,822	8,949	9,076
900	9,203	9,331	9,460	9,589	9,718	9,848	9,978	10,109	10,240	10,371
1000	10,503	10,636	10,768	10,902	11,035	11,170	11,304	11,439	11,574	11,710
1100	11,846	11,983	12,119	12,257	12,394	12,532	12,669	12,808	12,946	13,085
1200	13,224	13,363	13,502	13,642	13,782	13,922	14,062	14,202	14,343	14,483
1300	14,624	14,765	14,906	15,047	15,188	15,329	15,470	15,611	15,752	15,893
1400	16,035	16,176	16,317	16,458	16,599	16,741	16,882	17,022	17,163	17,304
1500	17,445	17,585	17,726	17,866	18,006	18,146	18,286	18,425	18,564	18,703
1600	18,842	18,981	19,119	19,257	19,395	19,533	19,670	19,807	19,944	20,080

Pt10Rh-Pt „S“

°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0,055	0,113	0,173	0,235	0,299	0,365	0,432	0,502	0,573
100	0,645	0,719	0,795	0,872	0,950	1,029	1,109	1,190	1,273	1,356
200	1,440	1,525	1,611	1,698	1,785	1,873	1,962	2,051	2,141	2,232
300	2,323	2,414	2,506	2,599	2,692	2,786	2,880	2,974	3,069	3,164
400	3,260	3,356	3,452	3,549	3,645	3,743	3,840	3,938	4,036	4,135
500	4,234	4,333	4,432	4,532	4,632	4,732	4,832	4,933	5,034	5,136
600	5,237	5,339	5,442	5,544	5,648	5,751	5,855	5,960	6,064	6,169
700	6,274	6,380	6,486	6,592	6,699	6,805	6,913	7,020	7,128	7,236
800	7,345	7,454	7,563	7,672	7,782	7,892	8,003	8,114	8,225	8,336
900	8,448	8,560	8,673	8,786	8,899	9,012	9,126	9,240	9,355	9,471
1000	9,585	9,700	9,816	9,932	10,048	10,165	10,282	10,400	10,517	10,635
1100	10,754	10,872	10,991	11,110	11,229	11,348	11,467	11,587	11,707	11,827
1200	11,947	12,067	12,188	12,308	12,429	12,550	12,671	12,792	12,913	13,034
1300	13,155	13,276	13,397	13,519	13,640	13,761	13,883	14,004	14,125	14,247
1400	14,368	14,489	14,610	14,731	14,852	14,973	15,094	15,215	15,336	15,456
1500	15,576	15,697	15,817	15,937	16,057	16,176	16,296	16,415	16,534	16,653
1600	16,771	16,890	17,008	17,125	17,243	17,360	17,477	17,594	17,711	17,826

Klassen der Grenzabweichungen für Thermopaare nach DIN EN 60 584 (Vergleichsstelle 0°C)

Thermopaar	Verwendungsbereich	Klasse 1	Grenzabweichung (±)
Pt13Rh-Pt „R“	0... + 1600°C	Klasse 1	1 °C oder $\pm[1+(t-1100) \cdot 0,003]^\circ\text{C}$
Pt10Rh-Pt „S“	0... + 1600°C		1 °C oder $\pm[1+(t-1100) \cdot 0,003]^\circ\text{C}$
Pt13Rh-Pt „R“	0... + 1600°C	Klasse 2	1,5°C oder $\pm 0,0025 \cdot t$
Pt10Rh-Pt „S“	0... + 1600°C		1,5°C oder $\pm 0,0025 \cdot t$
Pt13Rh-Pt „R“	----	Klasse 3	----
Pt10Rh-Pt „S“	----		----

Thermospannungen nach DIN EN 60 584 für Temperaturen gestuft in mV von jeweils 10 zu 10°C (Vergleichsstelle 0°C)

Cu-CuNi „T“

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-200	-5,603	---	---	---	---	---	---	---	---	---
-100	-3,378	-3,656	-3,923	-4,177	-4,419	-4,648	-4,865	-5,069	-5,261	-5,439
0	0	-0,383	-0,757	-1,121	-1,475	-1,819	-2,152	-2,475	-2,788	-3,089
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0,391	0,789	1,196	1,611	2,035	2,467	2,908	3,357	3,813
100	4,277	4,749	5,227	5,712	6,204	6,702	7,207	7,718	8,235	8,757
200	9,286	9,820	10,360	10,905	11,456	12,011	12,572	13,137	13,707	14,281
300	14,860	15,443	16,030	16,621	17,217	17,816	18,420	19,027	19,638	20,252

Fe-CuNi „J“

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-200	-7,890	---	---	---	---	---	---	---	---	---
-100	-4,632	-5,036	-5,426	-5,801	-6,159	-6,499	-6,821	-7,122	-7,402	-7,659
0	0	-0,501	-0,995	-1,481	-1,960	-2,431	-2,892	-3,344	-3,785	-4,215
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0,507	1,019	1,536	2,058	2,585	3,115	3,649	4,186	4,725
100	5,268	5,812	6,359	6,907	7,457	8,008	8,560	9,113	9,667	10,222
200	10,777	11,332	11,887	12,442	12,998	13,553	14,108	14,663	15,217	15,771
300	16,325	16,879	17,432	17,984	18,537	19,089	19,640	20,192	20,743	21,295
400	21,846	22,397	22,949	23,501	24,054	24,607	25,161	25,716	26,272	26,829
500	27,388	27,949	28,511	29,075	29,642	30,210	30,782	31,356	31,933	32,513
600	33,096	33,683	34,273	32,867	35,464	36,066	36,671	37,280	37,893	38,510
700	39,130	39,754	40,382	41,013	41,647	42,283	43,922	43,563	44,207	44,852

Klassen der Grenzabweichungen für Thermopaare nach DIN EN 60 584 (Vergleichsstelle 0°C)

Thermopaar	Verwendungsbereich	Klasse	Grenzabweichung (±)
Cu-CuNi „T“ Fe-CuNi „J“	-40... + 350°C -40... + 750°C	Klasse 1	0,5°C oder 0,004 · [t] 1,5°C oder 0,004 · [t]
		Klasse 2	1 °C oder 0,0075 · [t] 2,5°C oder 0,0075 · [t]
Cu-CuNi „T“ Fe-CuNi „J“	-200... + 40°C -200... + 40°C	Klasse 3	1 °C oder 0,015 · [t] 2,5°C oder 0,015 · [t]

Thermospannungen nach DIN EN 60 584 für Temperaturen gestuft in mV von jeweils 10 zu 10°C (Vergleichsstelle 0°C)

NiCr-Ni „K“

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-200	-5,891	---	---	---	---	---	---	---	---	---
100	-3,553	-3,852	-4,138	-4,410	-4,669	-4,912	-5,141	-5,354	-5,550	-5,730
0	0	-0,392	-0,777	-1,156	-1,527	-1,889	-2,243	-2,586	-2,920	-3,242
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0,397	0,798	1,203	1611	2,022	2,436	2,850	3,266	3,681
100	4,095	4,508	4,919	5,327	5,733	6,137	6,539	6,939	7,338	7,737
200	8,137	8,537	8,938	9,341	9,745	10,151	10,560	10,969	11,381	11,793
300	12,207	12,623	13,039	13,456	13,874	14,292	14,712	15,132	15,552	15,974
400	16,395	16,818	17,241	17,664	18,088	18,513	18,938	19,363	19,788	20,214
500	20,640	21,066	21,493	21,919	22,346	22,772	23,198	23,624	24,050	24,476
600	24,902	25,327	25,751	26,176	26,599	27,022	27,445	27,867	28,288	28,709
700	29,128	29,547	29,965	30,383	30,799	31,214	31,626	32,042	32,455	32,866
800	33,277	33,686	34,095	34,502	34,909	35,314	35,718	36,121	36,524	36,925
900	37,325	37,724	38,122	38,519	39,915	39,310	39,703	40,096	40,488	40,879
1000	41,269	41,657	42,045	42,432	42,817	43,202	43,585	43,968	44,349	44,729
1100	45,108	45,486	45,863	46,238	46,612	46,985	47,356	47,726	48,095	48,462
1200	48,828	49,192	49,555	49,916	50,276	50,633	50,990	51,344	51,697	52,049
1300	52,398	52,747	53,093	53,439	53,782	54,125	54,466	54,807	---	---

NiCr-CuNi „E“

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-200	-8,824	-9,063	-9,274	-9,455	-9,604	-9,719	-9,797	-9,835	---	---
-100	-5,327	-5,680	-6,107	-6,516	-6,907	-7,279	-7,631	-7,963	-8,273	-8,561
0	0	-0,581	-1,151	-1,709	-2,254	-2,787	-3,306	-3,811	-4,301	-4,771
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0,591	1,192	1,801	2,419	3,047	3,683	4,329	4,983	5,646
100	6,317	6,996	7,683	8,377	9,078	9,787	10,501	11,222	11,949	12,681
200	13,419	14,161	14,909	15,661	16,417	17,178	17,942	18,710	19,481	20,256
300	16,325	16,879	17,432	17,984	18,537	19,089	19,640	20,192	20,743	21,295
400	21,033	21,814	22,597	23,383	24,171	24,961	25,754	26,549	27,345	28,143
500	36,999	37,808	38,617	39,426	40,236	41,045	41,853	42,662	43,470	44,276
600	45,085	45,891	46,697	47,502	48,306	49,109	49,911	50,713	51,513	52,312
700	53,110	53,907	54,703	55,498	56,219	57,083	57,873	58,663	59,451	60,237
800	61,022	61,806	62,588	63,368	64,147	64,924	65,700	66,473	67,245	68,015
900	68,783	69,549	70,313	71,075	71,835	72,593	73,350	74,104	74,857	75,608

Klassen der Grenzabweichungen für Thermopaare nach DIN EN 60 584 (Vergleichsstelle 0°C)

Thermopaar	Verwendungsbereich	Klasse	Grenzabweichung (\pm)
NiCr-Ni „K“	-40... +1000°C	Klasse 1	1,5°C oder $0,004 \cdot [t]$
			1,5°C oder $0,004 \cdot [t]$
NiCr-Ni „E“	-40... + 800°C	Klasse 2	2,5°C oder $0,0075 \cdot [t]$
			2,5°C oder $0,0075 \cdot [t]$
NiCr-Ni „K“	-40... +1200°C	Klasse 3	2,5°C oder $0,015 \cdot [t]$
			2,5°C oder $0,015 \cdot [t]$
NiCr-Ni „E“	-200... + 40°C	Klasse 3	2,5°C oder $0,015 \cdot [t]$
			2,5°C oder $0,015 \cdot [t]$

Thermospannungen nach DIN 43710 für Temperaturen gestuft in mV von jeweils 10 zu 10°C (Vergleichsstelle 0°C)

Cu-CuNi „U“

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-200	-5,70	---	---	---	---	---	---	---	---	---
-100	-3,40	-3,68	-3,95	-4,21	-4,46	-4,69	-4,91	-5,12	-5,32	-5,51
0	0	-0,39	-0,77	-1,14	-1,50	-1,85	-2,16	-2,50	-2,81	-3,11
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0,40	0,80	1,21	1,63	2,05	2,48	2,91	3,35	3,80
100	4,25	4,71	5,18	5,65	6,13	6,62	7,12	7,63	8,15	8,67
200	9,20	9,74	10,29	10,85	11,41	11,98	12,55	13,13	13,71	14,30
300	14,90	15,50	16,10	16,70	17,31	17,92	18,53	19,14	19,76	20,38
400	21,00	21,65	22,25	22,88	23,51	24,15	24,79	25,44	26,09	26,75
500	27,41	28,08	28,75	29,43	30,11	30,80	31,49	32,19	32,89	33,60

Fe-CuNi „L“

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
-200	-8,15	---	---	---	---	---	---	---	---	---
-100	-4,75	-5,15	-5,53	-5,90	-6,26	-6,60	-6,93	-7,25	-7,56	-7,86
0	0	-0,51	-1,02	-1,53	-2,03	-2,51	-2,98	-3,44	-3,89	-4,33
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0,52	1,05	1,58	2,11	2,65	3,19	3,73	4,27	4,82
100	5,37	5,92	6,47	7,03	7,59	8,15	8,71	9,27	9,83	10,39
200	10,95	11,51	12,07	12,63	13,19	13,75	14,31	14,88	15,44	16,00
300	16,56	17,12	17,68	18,24	18,80	19,36	19,92	20,48	21,04	21,60
400	22,16	22,72	23,29	23,86	24,43	25,00	25,57	26,14	26,71	27,28
500	27,85	28,43	29,01	29,59	30,17	30,75	31,33	31,91	32,49	33,08
600	33,67	34,26	34,85	35,44	36,04	36,64	37,25	37,85	38,47	39,09
700	39,72	40,35	40,98	41,62	42,27	42,92	43,57	44,23	44,89	45,55
800	46,22	46,69	47,57	48,25	48,94	49,63	50,32	51,02	51,72	52,43

Grenzabweichungen für Thermopaare nach DIN 43710 (Vergleichsstelle 0°C)

Thermopaar	Toleranzklassen
Cu-CuNi „U“	100...400°C ± 3K 400...600°C ± 0,0075 t
Fe-CuNi „L“	100...400°C ± 3K 400...900°C ± 0,0075 t