Dr.-Ing. Hans-Georg Benken - 38104 Braunschweig - An der Wabe 5 - Tel. (0531) 372 374

Nutzung von Anergie beim Start der Wärmepumpe für deren Quellentemperatur - neue Möglichkeiten durch das multifunktionale Regelsystem des Verfahrens -

Die bei dem Start einer Wärmepumpe gemäß dem aktuellen Stand der Technik jeweils zunächst noch niedrige Heizkreistemperatur kann durch ein neuartiges multifunktionales Regelsystem genutzt werden für eine Erhöhung der Quellentemperatur.

Dies lässt sich zeigen am Beispiel einer Sole/Wasser-Wärmepumpe, deren Temperaturänderungen und deren Strombedarf mehrfach sowohl bei der Erwärmung von Brauchwasser als auch bei den Heizvorgängen aufgezeichnet wurden.

Die als Anlage 1 beigefügte Tabelle zeigt eine Brauchwasser-Erwärmung. Die Wärmepumpe schaltet sich stets ein, wenn im Brauchwasserspeicher die Temperatur von 45°C unterschritten wird, sobald eine Temperatur von 50°C erreicht wird schaltet sich sofort die Wärmepumpe wieder ab oder schaltet um auf Heizen. Die Temperaturen kann man sowohl in der Tabelle als auch in den Grafiken verfolgen.

Wichtig in der Tabelle sind die Heizkreisvorlauftemperatur VL und die Temperatur BW im oberen Bereich des Brauchwasserspeichers. Die Grafik zeigt die Heizkreisvorlauftemperatur BT2 (rote Linie) und die Brauchwassertemperatur BT6 (blaue Linie).

Wer sich die Tabelle genau ansieht wird erkennen, dass die Temperatur im Speicher zunächst überhaupt nicht ansteigt, sondern sich sogar recht deutlich um fast ein Grad verringert, was man auch an der Grafik **5.5** in Anlage 2 sehr gut sehen kann.

Die Brauchwasser-Erwärmung dauerte 40 Minuten und benötigte dafür 10 kWh (der Zählerstand erhöhte sich von 325.332 kWh auf 325.342 kWh). Da nach dem Start der Wärmepumpe zunächst nur Wärme mit einer noch geringen Temperatur erzeugt wird und diese in den Speicher geleitet wird, verringert sich dessen Temperatur deutlich von 45°C bis auf 44,1°C. Es dauerte 26 Minuten bis 18.34 Uhr, erst dann konnte durch die allmählich weiter ansteigende Heizkreistemperatur der Wärmepumpe die Temperatur im Wasserspeicher wieder auf 45,0°C ansteigen, also den Wert, den es bereits beim Start der Wärmepumpe gab. Allein dafür wurden 6 kWh Strom benötigt (Zählerstand 325.338 kWh), weitere 4 kWh Strom waren noch nötig, um die Brauchwassertemperatur wie beabsichtigt wieder auf 50,0°C zu erhöhen (Zählerstand 325.342 kWh).

Durch die exakte tabellarische Aufzeichnung der Daten lässt sich genau feststellen, dass bei Wärmepumpenanlagen gemäß dem Stand der Technik nach dem Start zunächst sehr viel Energie für den Anlauf sowie auch durch den Rückgang der Temperatur im Wasserspeicher erforderlich ist - dieser Anteil der Energie für die Zeit, in der die Temperatur von 45°C noch nicht wieder erreicht wird, ist als Anergie zu bezeichnen.

Im Gegensatz zu diesem bestehenden System der Wärmepumpen könnte also viel Strom

eingespart werden, wenn durch das entwickelte neue Verfahren nach dem Start zunächst die Wärme mit der noch sehr niedrigen Temperatur genutzt wird für eine Erhöhung der Quellentemperaturen, sodass aufgrund der geringeren Temperaturdifferenz zwischen Quelle und Heizkreis dann weniger Strom benötigt wird.

Allein durch den in Tabelle und Grafik ermittelten Energieverlust von 6 kWh bei der Brauchwassererwärmung lässt sich schon zeigen, wie viel Energie man zusätzlich für die Umleitung auf die Wärmequellen nutzen könnte. Wie sich dies auswirkt auf deren Temperatur kann man am besten abschätzen am Beispiel der Erdreichtemperaturen im Nahbereich einer Erdsonde.

Die Wirkungen des multifunktionalen Regelsystems auf die Temperatur der Erdsonde werden ausführlich behandelt in der Datei WB2-ZE3 der Website mit den nochmals auch hier beigefügten weiteren zwei Anlagen.

Den Berechnungen für die Regeneration der Wärmequelle in Anlage 3 und der Grafik in Anlage 4 ist eine Erdsonde mit einem Durchmesser von 6 cm und einer Bohrtiefe von 200 m zugrundegelegt worden, dies entspricht einem Wasserinhalt von 1,285 m^3. Da um 1 m^3 Wasser um 1 °C zu erwärmen 1,16 kWh Strom benötigt wird ergibt sich für die Erdsonde mit diesen Abmessungen somit ein Bedarf von 1,5 kWh.

In Anlage 1 wird nachgewiesen, dass gleich nach dem Start der Wärmepumpe für die Erhöhung der Heizkreistemperatur zunächst bereits 6 kWh Strom aufzuwenden sind, bevor die Warmwassertemperatur überhaupt wieder ansteigen kann. Daraus folgt, dass bei einer Umleitung dieser anfangs erzeugten Wärme in die Erdsonde der Anlage deren Temperatur sich um etwa 4°C erhöhen dürfte - das entspricht auch dem Beispiel der Übertragung von Wärme in der Tabelle von Anlage 3 und der Grafik in Anlage 4.

Um diese komplexen Zusammenhänge verstehen zu können sollten unbedingt auch die Informationen genutzt werden über Wirkungen des multifunktionalen Regelsystems auf die Temperaturen in der Erdsonde sowie im Nahbereich der Sonde. Die Datei WB2-ZE3 befasst sich übrigens auch mit Luft/Wasser-Wärmepumpen und deren Wärmespeicher.

Anlagen

1. Erwärmung von Brauchwasser durch eine Sole/Wasser-Wärmepumpe
2. Rückgang der Brauchwassertemperatur durch Zuführung von noch kälterem Wasser
3. Temperaturverteilung im Erdreich im Umkreis der Erdsonde (Tabelle)
4. Regeneration der Erdsonde beispielsweise durch Nutzung von Anergie

29.2.2024

Datum 19.10.2023 Außentemperatur 8,9°C (6,5 / 7,5 / 8,8 °C)

Brauchwasser-Erwärmung EIN bei 45°C, AUS bei 50°C

Zeit	GM	VL	RL	VL_{ext}	Wärme-Z.	BW
17.55	25	40,9	42,0	37,5	325.332	45,1
18.05	5	40,1	41,9	36,8		45,0
BW Start						
18.08	-8	39,8	30,3	36,3		44,9
.09	-12	36,3	27,5	36,2	325.333	44,9
.10	-16	34,0	27,5	36,1		44,8
.11	-20	33,5	27,6	36,1		44,8
.12	-24	33,3	28,6	36,0		44,7
.13	-28	34,8	33,4	35,9	325.334	44,7
.14	-32	37,4	33,8	35,8		44,7
.15	-36	38,6	34,1	35,8		44,6
.16	-41	39,2	34,5	35,7		44,5
.17	-45	39,5	35,6	35,6	325.335	44,4
.18	-50	40,7	37,8	35,5		44,4
.19	-54	42,9	38,9	35,3		44,3
.20	-59	43,3	39,1	35,2		44,3
.21	-64	43,7	39,6	35,1		44,2
.22	-69	44,1	40,2	35,0	325.336	44,2
.23	-74	44,8	41,7	34,9		44,1
.24	-79	45,7	42,3	34,8		44,1
.25	-84	46,1	42,6	34,8		44,1
.26	-90	46,9	43,2	34,7		44,2
.27	-95	47,4	43,6	34,6	325.337	44,2
.28	-101	47,9	44,3	34,5		44,2
.29	-106	48,3	44,9	34,4		44,3
.30	-112	49,5	45,5	34,3		44,3
18.31	-118	49,6	46,0	34,2		44,4

→ Fortsetzung der Aufzeichnung

Anlage 5 vom 19.10.2023

Teil 1: Exakte Aufzeichnungen der Temperaturwerte

Datum 19.10.2023 Außentemperatur 8,9°C (6,5 / 7,5 / 8,8 °C)

Brauchwasser-Erwärmung (Fortsetzung der Aufzeichnung)

Zeit	GM	VL	RL	VL ext	Wärme-Z.	BW
18.32	-124	50,0	46,4	34,1		44,5
.33	-130	50,6	47,0	34,0	325.338	44,7
.34	-136	50,9	47,5	33,9		45,0
.35	-143	51,6	48,2	33,7		45,2
.36	-149	52,2	48,8	33,6		45,4
.37	-155	52,6	49,3	33,5		45,7
.38	-162	53,1	49,5	33,4	325.339	46,3
.39	-169	53,4	50,0	33,3		46,6
.40	-169	53,8	50,4	33,3		46,8
.41	-169	54,5	51,0	33,2		47,2
.42	-169	54,8	51,5	33,2		47,5
.43	-169	55,0	51,8	33,1	325.340	47,8
.44	-169	55,6	52,2	33,0		48,2
.45	-169	56,0	52,6	32,9		48,5
.46	-169	56,3	53,0	32,8		48,8
.47	-169	56,7	53,4	32,8	325.341	49,1
.48	-169	57,3	53,9	32,7		49,4
.49	-169	57,6	54,3	32,7		49,8
18.50	-169	57,9	54,5	32,6	325.342	50,1

Umschaltung von Brauchwasser auf Heizen

18.51	-169	43,5	32,3	38,2		50,5
.52	-169	40,4	32,5	38,6	325.343	50,9
.53	-169	38,7	32,8	38,4		51,3
.54	-169	38,5	32,9	38,1		51,5
.55	-169	38,5	33,9	38,0		51,6
.56	-169	38,5	33,1	38,1	325.344	51,8
.57	-169	38,5	33,1	38,1		52,0
.58	-169	38,6	33,2	38,2		52,2
18.59	-169	38,6	33,4	38,4		52,3

→ Fortsetzung der Aufzeichnung

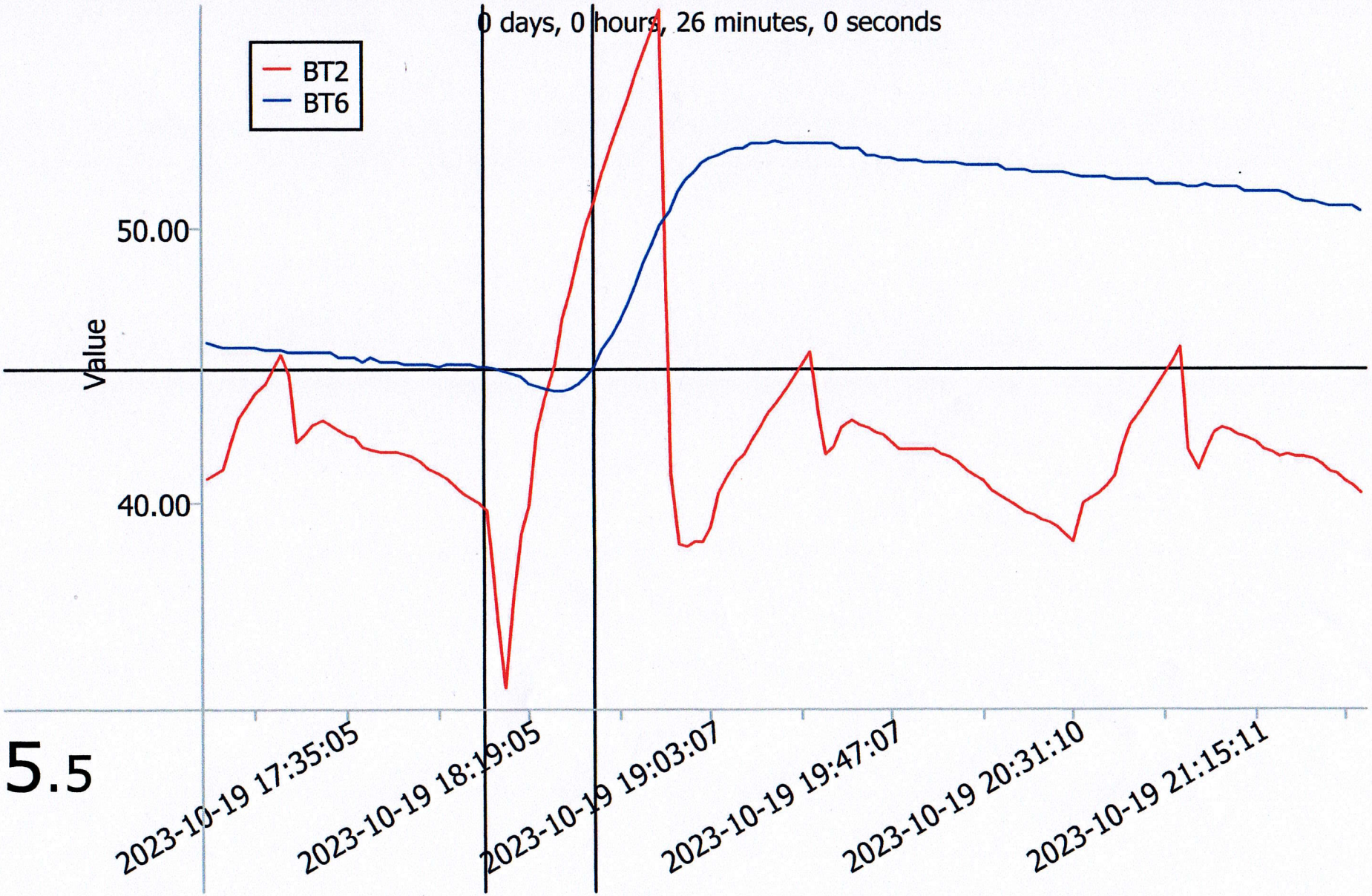
Datum 19.10.2023 Außentemperatur 8,9°C (6,5 / 7,5 / 8,8 °C)

Heizen (Fortsetzung der Aufzeichnung)

Zeit	GM	VL	RL	VL ext	Wärme-Z.	BW
19.00	-169	38,7	33,6	38,5	325.445	52,4
.01	-169	39,3	35,0	38,6		52,6
.02	-169	39,8	35,5	38,9		52,7
.03	-169	40,5	35,8	39,2		52,8
.04	-169	40,8	36,0	39,6		52,9
.05	-169	41,1	36,2	39,9	325.346	52,9
.06	-168	41,4	36,5	40,3		53,0
.07	-168	41,6	36,7	40,6		53,0
.08	-167	41,7	36,8	40,8		53,0
.09	-166	41,9	37,2	41,1	325.347	53,1
.10	-165	42,1	37,9	41,4		53,1
.11	-164	42,3	37,8	41,7		53,1
.12	-162	42,6	38,1	41,9		53,1
.13	-160	42,8	38,3	42,1	325.348	53,1
.14	-158	43,1	38,5	42,3		53,1
.15	-155	43,3	38,7	42,5		53,1
.16	-153	43,6	38,9	42,8		53,1
.17	-150	43,8	39,2	43,0	325.349	53,1
.18	-147	44,0	39,5	43,3		53,1
.19	-143	44,3	39,7	43,5		53,1
.20	-140	44,5	44,0	43,7		53,1
.21	-136	44,7	40,2	44,0	325.350	53,1
.22	-132	44,9	40,4	44,2		53,1
.23	-128	45,1	40,6	44,4		53,1
.24	-123	45,3	40,9	44,7		53,1
19.25	-118	45,5	41,4	44,9	325.351	53,1

Heizen Ende

19.26	+ 6	45,7	41,2	45,1		53,1


0 days, 0 hours, 26 minutes, 0 seconds
BT2
BT6
50.00
40.00
Value
2023-10-19 17:35:05
2023-10-19 18:19:05
2023-10-19 19:03:07
2023-10-19 19:47:07
2023-10-19 20:31:10
2023-10-19 21:15:11

5.5

Temperaturdifferenzen gegenüber dem ungestörten Erdreich mit einer Temperatur von 10°C

bei der oberen Temperatur ΔT_o und bei der unteren Temperatur ΔT_u

r = Abstand zur Erdsonde mit r = 1 an der Außenwand der Erdsonde

Abstand zur Sonde	Wärmepumpe im Vergleich ohne Wärmetauscher		Temperaturen im Erdreich im Abstand zur Sonde		Temperaturen nach Übertragung von Wärme		Temperaturen nach Regeneration der Wärmequelle	
r	ΔT_o	ΔT_u	Diff.	Abstand	ΔT_o	ΔT_u	ΔT_o	ΔT_u
je 3 cm	°C	°C	°C	cm	°C	°C	°C	°C
1	**10,0**	**17,0**	**7,00**	**Sonde**	**6,0**	**13,0**	**1,0**	**8,0**
2	5,0	8,5	3,5	3	3,0	6,5	0,5	4,0
3	3,3	5,67	2,4	6	2,0	4,33	0,33	2,67
4	2,5	4,25	1,75	9	1,5	3,25	0,25	2,00
5	**2,00**	**3,40**	**1,40**	**12**	**1,20**	**2,60**	**0,20**	**1,60**
6	1,67	2,83		15	1,00	2,17	0,17	1,33
7	1,43	2,43			0,86	1,86	0,14	1,14
8	1,25	2,12			0,75	1,62	0,12	1,00
9	1,11	1,89			0,67	1,44	0,11	0,89
10	**1,00**	**1,70**	**0,70**	**27**	**0,60**	**1,30**	**0,10**	**0,80**
11	0,91	1,545			0,545	1,182	0,091	0,727
12	0,83	1,417		33	0,500	1,083	0,083	0,667
13	0,77	1,307			0,461	1,000	0,077	0,615
14	0,71	1,214			0,428	0,928	0,071	0,571
15	**0,67**	**1,133**	**0,463**	**42**	**0,400**	**0,867**	**0,067**	**0,533**
16	0,625	1,062			0,379	0,812		
17	0,59	1,000			0,353	0,765		
18	0,555	0,944			0,333	0,722		
19	0,526	0,895		54	0,316	0,684		
20	**0,500**	**0,850**	**0,350**	**57**	**0,300**	**0,650**		
21	0,476	0,809						
22	0,454	0,773						
23	0,435	0,739					G-Web	H-47
24	0,417	0,708						
25	**0,400**	**0,680**	**0,280**	**72**				
	Beispiel B		einheitliche Werte		**Beispiel W**		**Beispiel R**	

Beispiel **B** Temperaturen ohne Wärmetauscherbetrieb Sole = VL - 2°C / RL - 7°C

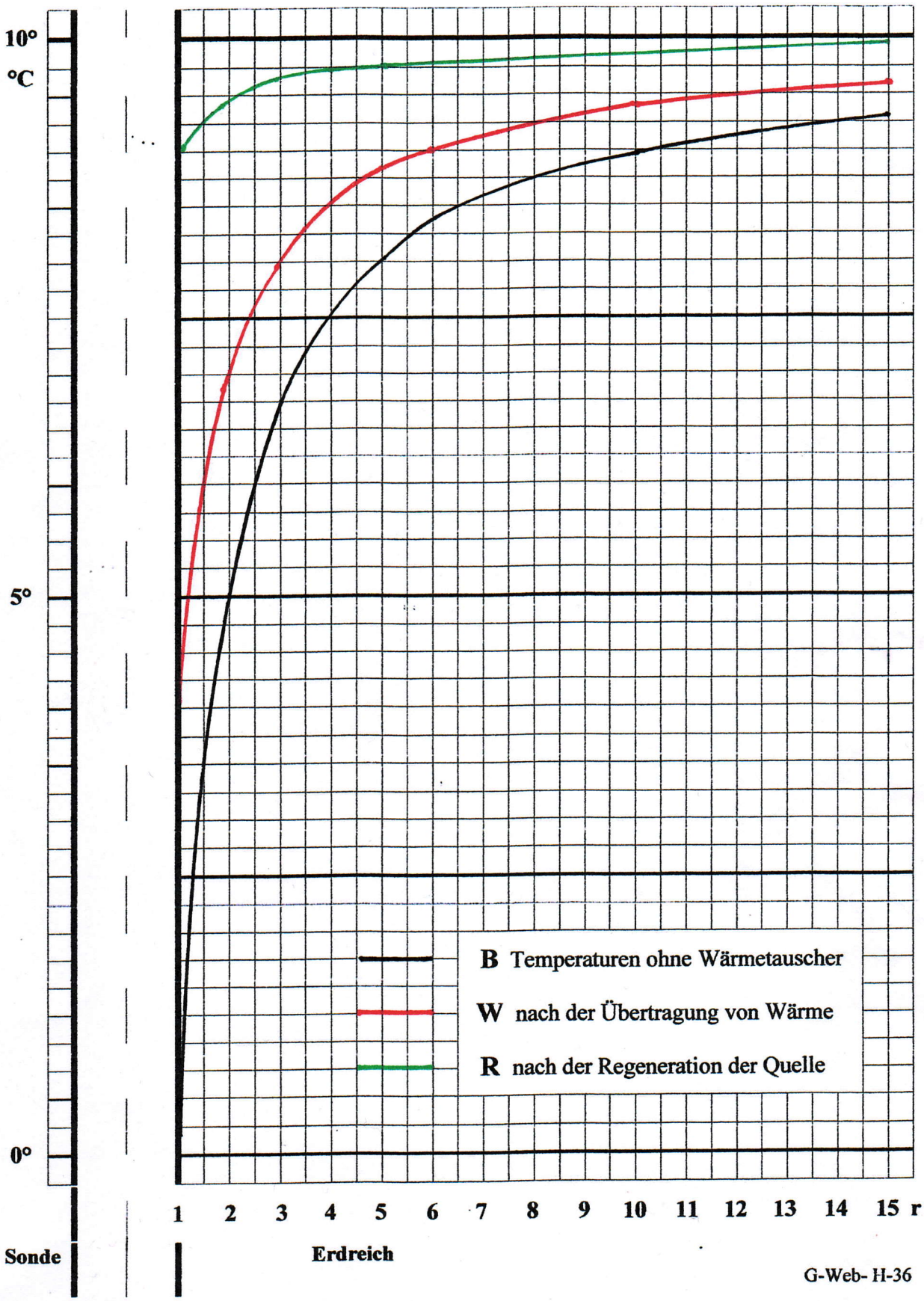
Beispiel **W** Temperaturen nach einer Übertragung von Wärme VL +2°C / RL - 3°C

Beispiel **R** Temperaturen nach einer Regeneration der Quelle VL +7°C / RL +2°C

Anlage 3 Temperaturverteilung im Erdreich im Umkreis der Erdsonde

Ergänzung zur Website "Verfahren und Regeneration" (Teil 4),
die Erdreichtemperaturen gehören zur Grafik in Anlage 3 von Anhang 1

B = Bezugswerte einer Anlage gemäß dem Stand der Technik
W = Übertragung von Wärme vom Heizkreis in den Quellenkreis
R = Umwandlung von Strom in Wärme zur Regeneration der Quelle



Anlage 4 Temperaturverteilung im Erdreich im Nahbereich der Erdsonde

Hinweise zur Ermittlung der Daten und Vorlauftemperaturen siehe Anlage 3