

Rapport final, DIS 31544 / 72460, novembre 2000

Production de chaleur et de froid avec des pompes à chaleur et des sondes géothermiques dans le Restaurant Grauholz vers Berne

Élaboré par
lbe institut bau+energie
R. Huber
Höheweg 17
3006 Berne

TABLE DES MATIÈRES

	Page
Résumé	1
Situation initiale	2
Données caractéristiques de l'installation (cf. schéma dans l'annexe)	2
But de l'étude	3
Solution choisie	3
Principaux résultats	4
• L'installation permet d'économiser de l'énergie	4
• Données relatives au bilan annuel	4
• Explications et commentaires relatifs au bilan annuel	5
• Les coûts d'exploitation sont bas	6
• Les investissements sont élevés	6
• Possibilités d'amélioration	7
Annexe	
- Diagrammes 1-8	
- Tableaux 1-6	
- Schéma de principe KWT	

Résumé

Dans le restoroute Grauholz, les installations de froid ont été rénovées et couvrent désormais également les besoins thermiques pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire. La citerne à mazout, qui devait être assainie, a pu être démontée sans devoir être remplacée.

Sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie, qui a soutenu le projet financièrement, des mesures ont été effectuées sur une année d'exploitation complète afin d'évaluer le fonctionnement de l'installation.

Les mesures effectuées de septembre 1999 à septembre 2000 ont fourni les résultats suivants:

- Le bilan énergétique annuel a été modifié comme suit:

Diminution de la consommation de mazout	- 807'000 kWh/a
Augmentation de la consommation d'électricité	+ 62'400 kWh/a

Modifications apportées: nouvelles pompes à chaleur/machines de production de froid pourvues de sondes géothermiques pour la restitution des excédents de chaleur en été et pour l'acquisition de chaleur en hiver; nouvelles installations de ventilation avec récupération de chaleur; démontage définitif de la citerne à mazout.

- La consommation totale d'électricité pour les pompes à chaleur/machines de froid (y compris les groupes auxiliaires) a représenté la moitié de la chaleur utile et du froid utile produits.
- Les coûts d'exploitation nets (sans les coûts du capital) pour la chaleur utile se montent à 5,7 ct./kWh.
- L'investissement supplémentaire pour couvrir la totalité des besoins en chaleur avec les pompes à chaleur (sans la chaudière à mazout) s'élevait à Fr. 240'000.-. La Confédération et le canton ont fourni des contributions de Fr. 45'000.- et Fr. 30'000.-. Le surplus d'investissement de Fr. 165'000.- ne peut pas être amorti par les économies d'énergie.
- La consommation d'électricité pour les groupes auxiliaires (pompes, ventilateurs de refroidissement, dégivrages) est importante: près de 1/3 de l'électricité nécessaire à la production et à la distribution de la chaleur et du froid est utilisée par les groupes auxiliaires. La planification soignée, la sélection correcte, le dimensionnement et la régulation des groupes auxiliaires constituent des conditions essentielles pour une exploitation efficace.

Situation initiale

Pour l'assainissement des installations de froid du restoroute Grauholz, M. Trüssel, KWT Belp, a proposé de dimensionner les nouvelles installations de manière à ce qu'elles couvrent non seulement les besoins en froid industriel et en climatisation des locaux, mais également les besoins en chaleur pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire.

Le maître de l'ouvrage a accepté cette proposition. Les installations de froid ont donc été dimensionnées en conséquence en 1995. Le projet a été réalisé en 1998 lorsque le remplacement de la citerne s'imposait.

Aujourd'hui, la chaleur et le froid sont produits au moyen de machines de froid et de pompes à chaleur. Un champ de sondes géothermiques sert de source de chaleur en hiver et d'accumulateur de chaleur en été.

L'Office fédéral de l'énergie a mandaté l'Institut bau+energie SA pour effectuer des bilans énergétiques sur un an, ce qui permettra d'évaluer le fonctionnement de l'installation. Les dispositifs de mesures nécessaires à cet effet ont été financés par l'Office fédéral de l'énergie.

Données caractéristiques de l'installation (cf. aussi le schéma dans l'annexe)

- Installation de congélation, puissance frigorifique	6,5 kW
- Installation de réfrigération, puissance frigorifique	25 kW
- Pompe à chaleur/climatisation des locaux, puissance frigorifique	62 kW
- Puissance de chauffage installée	113 kW
- Champ de sondes géothermiques:	6 sondes de 100 m
- Surface de référence énergétique	1'600 m ²
- Nombre de places assises du restaurant	380
- Renouvellement de l'air par ventilation mécanique	18'000m ³ /h

Au cours des assainissements, les installations de ventilation ont été équipées d'une récupération de chaleur. La chaleur provenant de la cuisine permet de préchauffer l'amenée d'air de la cuisine et du restaurant par un circuit interconnecté. La pompe à chaleur prélève la chaleur de l'air évacué du restaurant, de celui de la cuisine (échangeur en aval du circuit interconnecté de récupération de chaleur) et du champ de sondes géothermiques.

But de l'étude

Les mesures et leurs interprétations devaient permettre de déterminer s'il s'agit effectivement d'une installation exemplaire et recommandable, en particulier si

- de l'énergie est économisée
- les coûts se situent à un niveau raisonnable
- l'exploitation de l'installation soulève des problèmes particuliers
- des défauts ont été mis en évidence
- des propositions d'amélioration existent

Solution choisie

L'installation a été équipée des dispositifs de mesure suivants (cf. schéma de principe dans l'annexe):

- 1 Compteur de chaleur pour la chaleur transmise par les pompes à chaleur/machines de froid à l'accumulateur d'eau chaude sanitaire.
- 2 Compteur de chaleur pour la chaleur transmise par les pompes à chaleur/machines de froid à l'accumulateur d'eau de chauffage.
- 2.1 Compteur de chaleur pour la chaleur transmise par le refroidisseur du rideau d'air.
- 3 Compteur de chaleur pour la chaleur résiduelle transmise par les machines de froid aux sondes géothermiques.
- 4 Compteur de chaleur pour la chaleur transmise par les sondes géothermiques et l'échangeur de l'air du restaurant à la pompe à chaleur.
- 5 Compteur de chaleur pour la chaleur récupérée de l'air évacué du restaurant.
- 6 Compteur d'électricité pour la consommation totale d'électricité des pompes à chaleur/machines de froid, y compris les groupes auxiliaires, pour le transport et la distribution de chaleur et de froid (pompes, ventilateurs, dégivrages).

Les dispositifs de mesure précités ont été relevés une fois par semaine, pendant une année, à savoir du 6.09.1999 au 2.10.2000.

Ces relevés ont permis de calculer le bilan énergétique pour l'ensemble de l'installation qui se compose d'une installation de congélation, d'une installation de réfrigération et d'une installation de pompe à chaleur/climatisation des locaux.

La précision des résultats est de $\pm 10\%$.

Principaux résultats

Les valeurs mesurées et leur interprétation sont consignées dans les tableaux et les diagrammes de l'annexe.

L'installation permet d'économiser de l'énergie

L'énergie de chauffage, qui était produite par la chaudière à mazout avant l'assainissement, est désormais obtenue (après l'assainissement) en partie directement par l'air récupéré via les échangeurs de chaleur et en partie par les chambres froides et les sondes géothermiques via les machines de froid et les pompes à chaleur.

L'assainissement a induit les modifications suivantes au niveau de la consommation énergétique annuelle du restaurant Grauholz:

	Chauffage, ventilation, eau chaude Consommation de mazout kWh/a	Besoins en chaleur utile kWh/a	Froid, clim., PAC Consommation d'électricité kWh/a
Avant l'assainissement	807'000	646'000	68'100
Après l'assainissement	0	186'000	130'500
Changement dû à l'assainissement	-807'000	-400'000	+62'400

L'impressionnante réduction des besoins en chaleur utile est due au fait que les dispositifs de ventilation sont équipés de récupération de chaleur et que les volumes d'air ont été réduits de près de 30%. Le résultat global de l'assainissement est le suivant: on économise 12,9 kWh d'énergie fossile par kWh de consommation supplémentaire d'électricité.

Données relatives au bilan annuel

Le bilan annuel (21.9.1999 – 25.9.2000) des machines de froid et des pompes à chaleur est le suivant:

- Consommation d'électricité pour les installations de congélation, de réfrigération, de climatisation, pompes à chaleur avec groupes auxiliaires	<u>130'511 kWh</u>
- Chaleur utile des installations de froid et des pompes à chaleur	
pour le chauffage	118'670 kWh
pour l'eau chaude sanitaire	58'725 kWh
pour le rideau d'air	8'262 kWh
Total de la chaleur utile	<u>185'657 kWh</u>
Froid utile pour congélation, réfrigération et climatisation	85'000 kWh
Chaleur dégagée par les sondes géothermiques	66'770 kWh
Chaleur provenant des sondes géothermiques (après déduction de la chaleur de l'air extrait du restaurant)	38'650 kWh
Rapport entre énergie utile (chaleur+froid) et consommation d'électricité: 185'657 + 85'000 : 130'511	<u>2.07</u>

Explications et commentaires relatifs au bilan annuel

Les diagrammes 1 à 7 de l'annexe illustrent les divers processus qui se sont déroulés au cours d'une année. Les quantités d'énergie relevées hebdomadairement ont été converties en puissances moyennes pendant la période de mesure et mise en relation avec la température moyenne de l'air extérieur pendant la période de mesure.

Lorsque les températures extérieures sont inférieures à 12 °C, la pompe à chaleur prélève de la chaleur de l'air évacué du restaurant (diagramme 6) et des sondes géothermiques (diagramme 7) afin de fournir suffisamment de chaleur au chauffage (diagramme 2), à l'eau chaude sanitaire (diagramme 3) et au rideau d'air (diagramme 4).

Lorsque la température extérieure dépasse 15 °C, la demande en froid pour la climatisation augmente; par conséquent, la chaleur excédentaire évacuée vers la sonde géothermique s'accroît (diagramme 5).

Étant donné que les interprétations reposent toujours sur des bilans établis sur une période de mesure d'une semaine et sur les températures extérieures moyennes qui ont régné pendant ces périodes de mesure, on n'obtient pas de valeurs extrêmes pour la température. Des températures extrêmes sont toutefois atteintes sur de courtes périodes: par exemple, les températures maximales étaient de 29,5 °C en juin 2000, de 29,8 °C en juillet 2000, de 30,8 °C en août 2000 et les températures minimales de -10,9 °C en novembre 1999, de - 11,4 °C en décembre 1999 et de -13,4 °C en janvier 2000. Les besoins en puissances de chauffage et de réfrigération ont également été couverts de façon satisfaisante même lors de conditions extrêmes.

Le diagramme 1 présente la consommation d'électricité des machines de froid et des pompes à chaleur ainsi que de l'ensemble des groupes auxiliaires. Elle est la plus faible lorsque les températures extérieures se situaient entre 10 et 15 °C: les besoins en chaleur et en froid sont donc équilibrés; aucun excédent de chaleur ne doit être évacué vers les sondes géothermiques et aucune insuffisance de chaleur ne doit être prélevée de ces sondes.

Le rapport de 2,07 entre l'énergie utile (chaleur + froid) et la consommation d'électricité est relativement faible. La raison en est que la consommation d'électricité pour les groupes auxiliaires (pompes, ventilateurs pour froid, dégivrages) pour les 60 postes de froid, qui n'ont pas été modifiés lors de l'assainissement, est assez élevée. Nous estimons les besoins de puissance moyens des groupes auxiliaires à 5 kW environ et la consommation annuelle d'électricité à 43'800 kWh. Si l'on déduit la consommation d'électricité des groupes auxiliaires, le rapport serait de 3 environ.

Les coûts d'exploitation sont bas

Les coûts d'exploitation supplémentaires dus au fait que les machines de froid sont également utilisées pour le chauffage sont les suivants:

Consommation d'électricité supplémentaire par an, pour le fonctionnement des pompes à chaleur

(cf. Compilation de la consommation d'électricité au tarif industriel dans le tableau 6):

HT: 50'416 kWh à 15,5 ct./kWh	Fr. 7'815.-
BT: 12'006 kWh à 10,0 ct./kWh	<u>Fr. 1'200.-</u>
Surcoûts pour l'électricité par an	Fr. 9'015.-
 Surcoûts pour la maintenance de l'installation de pompe à chaleur	 <u>Fr. 1'500.-</u>
Total des coûts d'exploitation supplémentaires pour les pompes à chaleur	<u>Fr. 10'515.-</u>
 Production de chaleur utile	 185'657 kWh
Coûts d'exploitation par kWh chaleur 10'515 : 185'657	5,7 ct./kWh

Les investissements sont élevés

Total Coûts pour l'assainissement et les transformations:
remplacement de la chaudière par une pompe à chaleur,
remplacement de l'installation de ventilation,
équipement du champ de sondes géothermiques
avec une récupération de chaleur

Fr. 526'000.-

Dont surcoûts pour la solution avec la pompe à chaleur
au lieu d'une nouvelle chaudière

Fr. 240'000.-

Contribution cantonale

Fr. 30'000.-

Énergie 2000

Fr. 45'000.-

Surcoûts pour la solution de la pompe à chaleur

Fr. 165'000.-

Avec les prix du mazout et de l'électricité actuels, ces investissements ne peuvent pas être amortis.

Possibilités d'amélioration

Les installations de cette envergure et complexité requièrent une planification et une coordination soigneuses. En plus des compresseurs des pompes à chaleur/machines de froid, il existe un grand nombre de consommateurs d'électricité qui influencent de façon notable l'efficacité de l'installation:

- Les pompes des circuits de charge pour la chaleur utile
- Les pompes des circuits de glycol, qui évacuent la chaleur excédentaire vers les sondes géothermiques ou qui prélèvent le froid à partir de ces sondes
- Ventilateurs de l'évaporateurs, chauffages auxiliaires/d'appoint, dégivrages, éclairages des postes de froid

Dans le restoroute Grauholz, la part de la consommation d'électricité de ces groupes annexes à la consommation totale pour le froid, la climatisation et les pompes à chaleur était de 33%.

Le choix correct, le montage et le mode de fonctionnement des meubles frigorifiques revêtent une importance prépondérante.

La régulation de ces installations requiert un certain temps. Les différents modes d'exploitation (été, hiver, entre-saison) doivent être observés et régulés en temps opportun.

Bibliographie utile concernant ce sujet:

- A. Huber, Systemauslegung für Gewerbekälteanlagen mit Erdwärmenutzung, Jahresbericht 1999. ENET, Egnacherstrasse 69, 9320 Arbon
- Production de chaleur et de froid dans le commerce alimentaire. RAVEL, EDMZ (N° de commande 724.350d) (Il n'existe pas en version française)

Restaurant Grauholz
Stromverbrauch

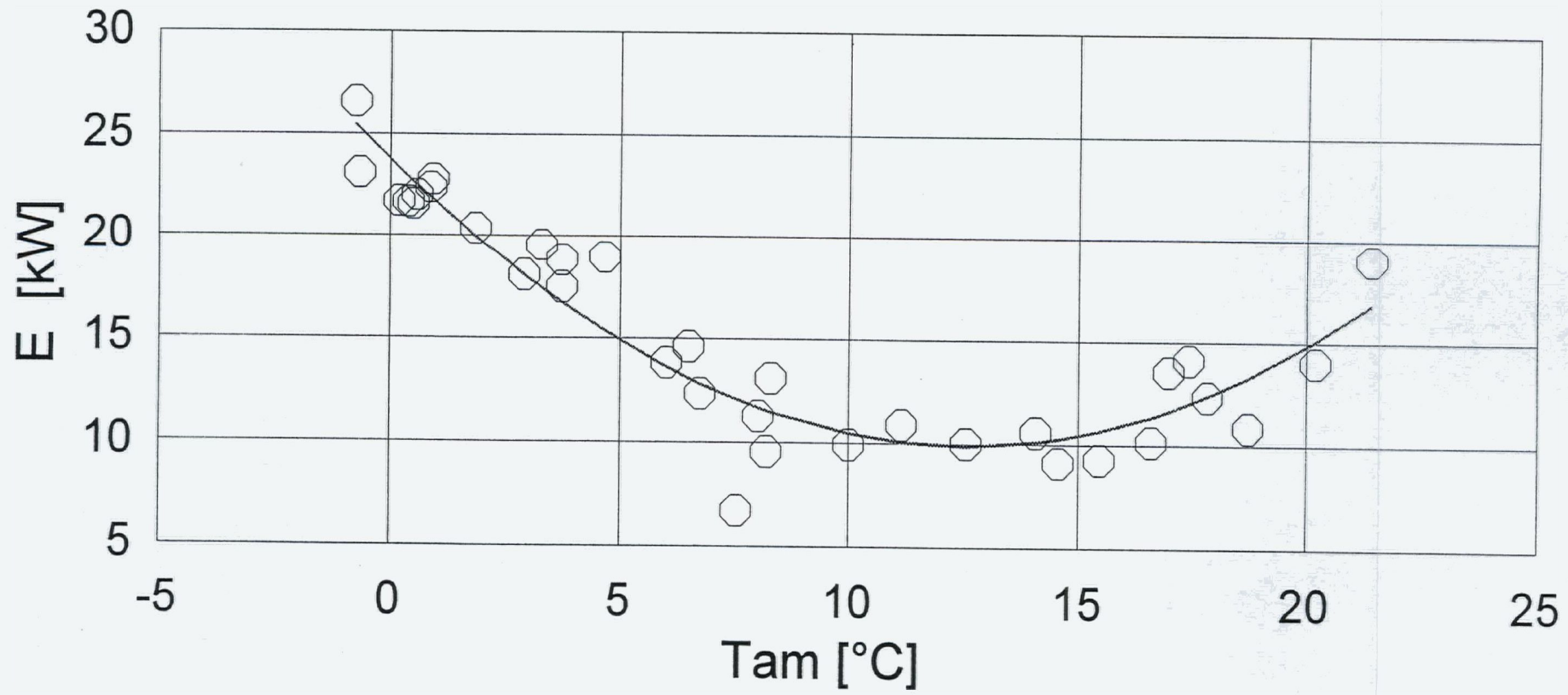


Diagramm 1

Restaurant Grauholz
WP an Heizung

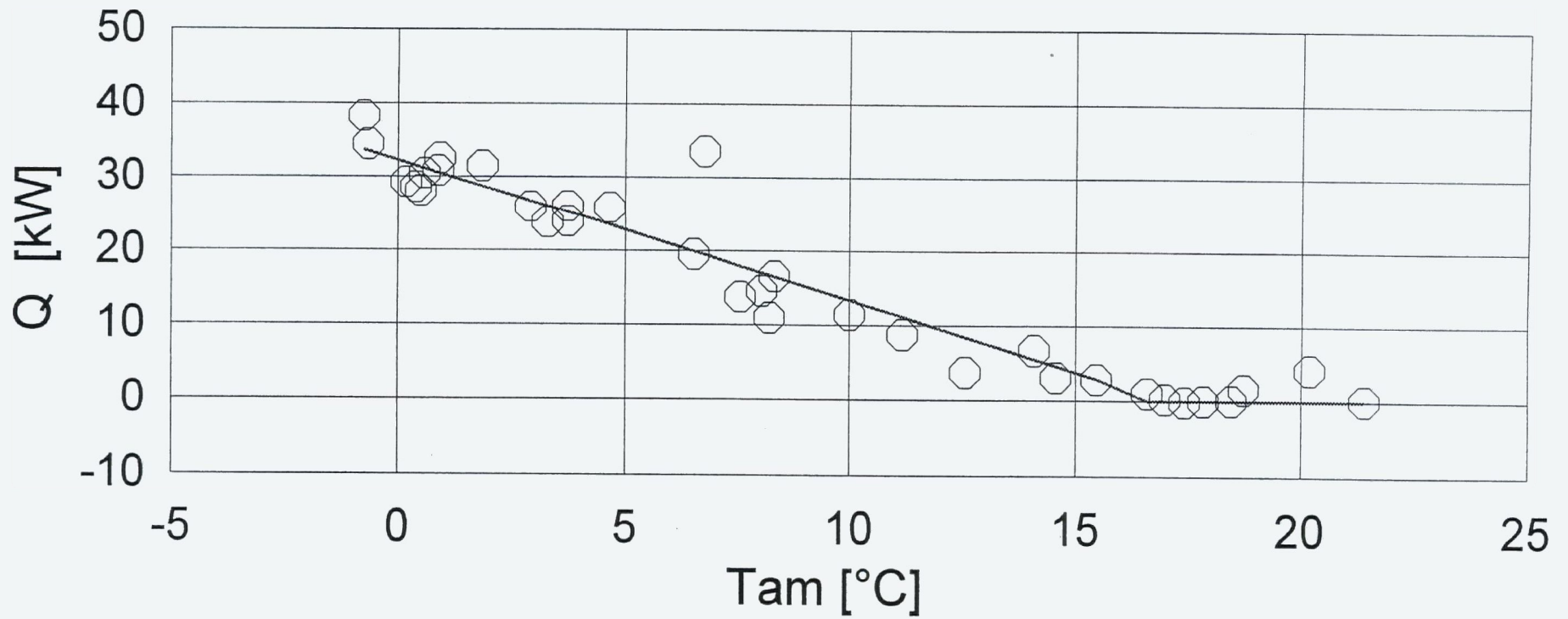


Diagramm 2

Restaurant Grauholz
WP an Warmwasser

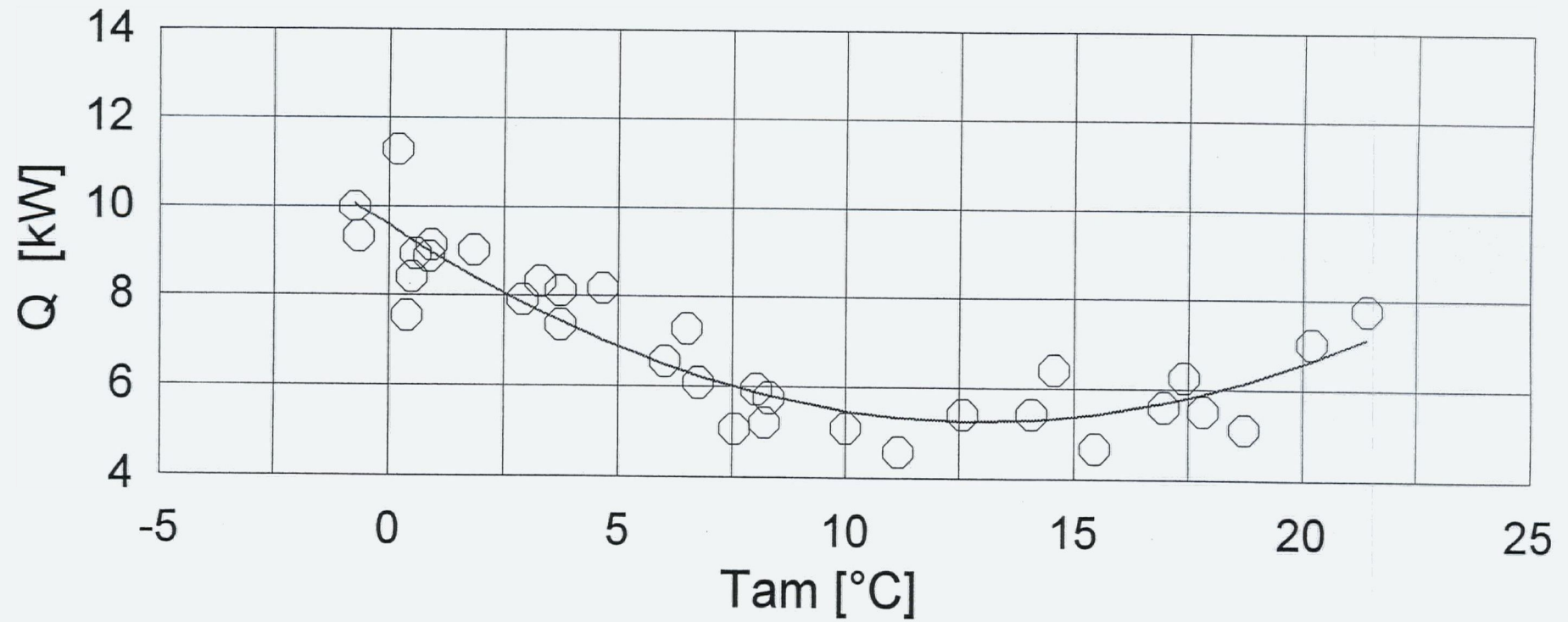


Diagramm 3

Restaurant Grauholz
WP an Luftvorhang

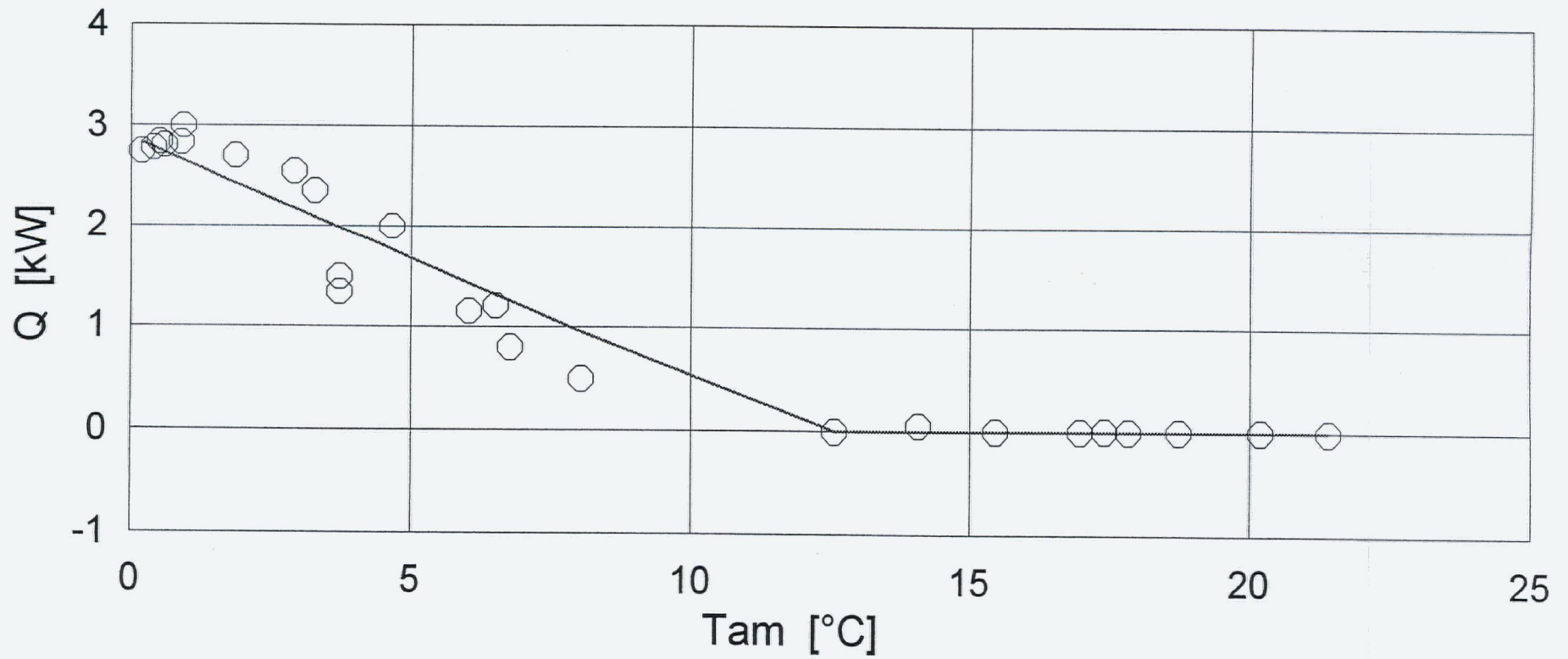


Diagramm 4

Restaurant Grauholz
Restwärme an Erdsonden

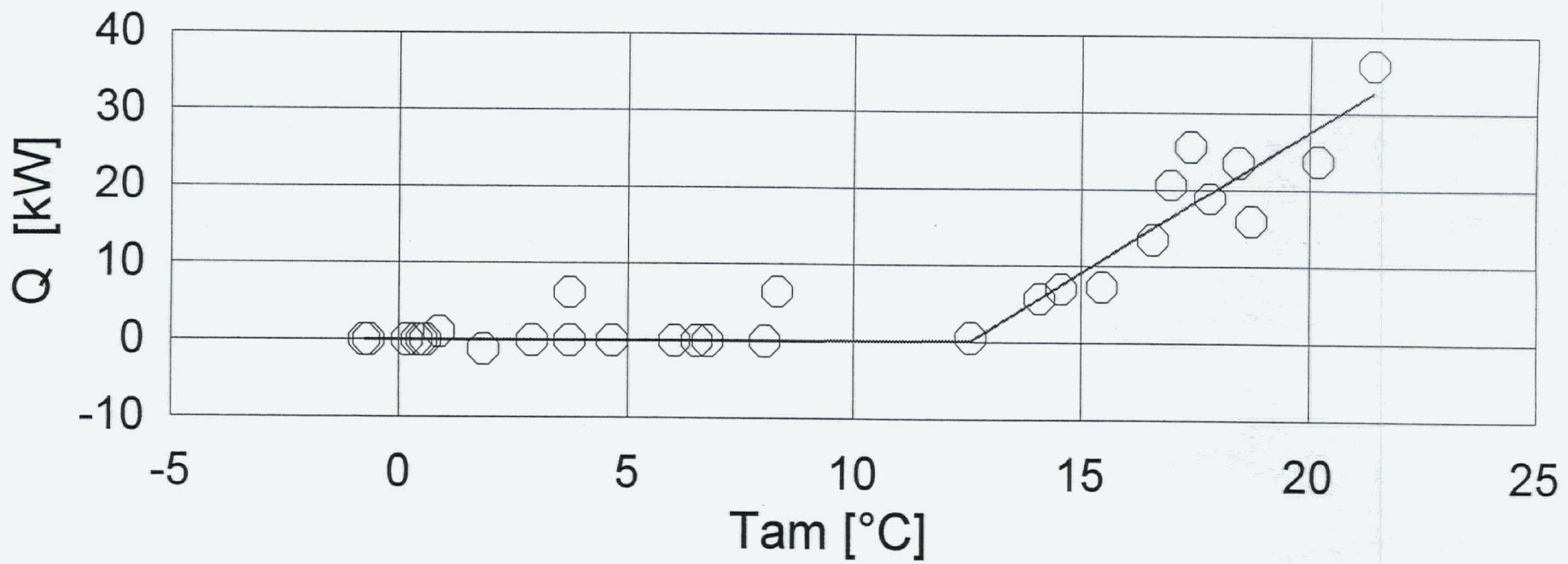


Diagramm 5

Restaurant Grauholz
Fortluft Restaurant an WP

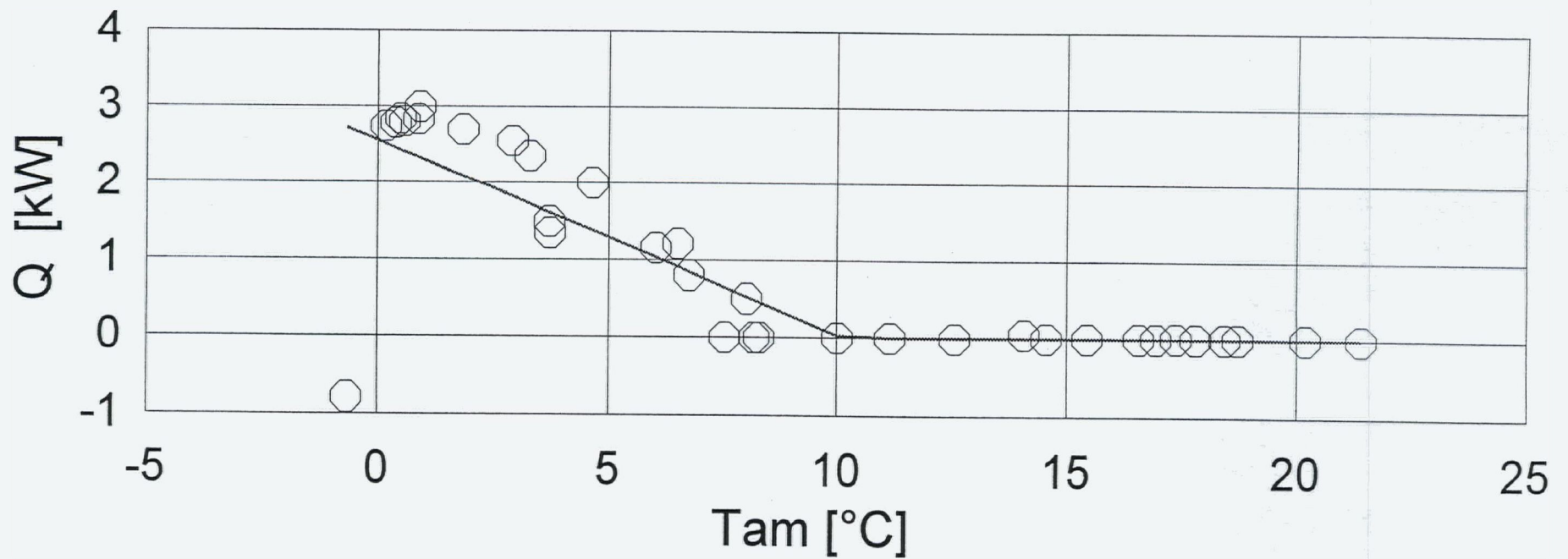


Diagramm 6

Restaurant Grauholz
Erdsonden an WP

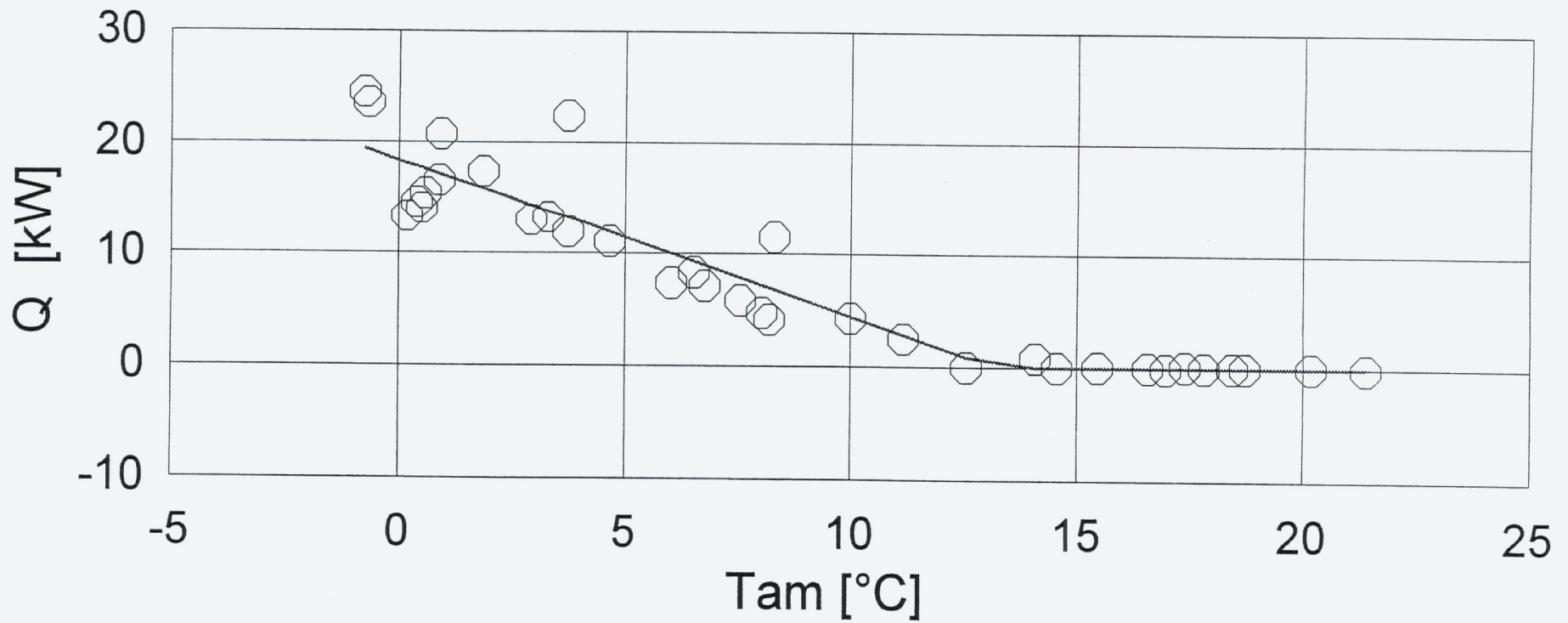


Diagramm 7

Restaurant Grauholz
Nutzwärme

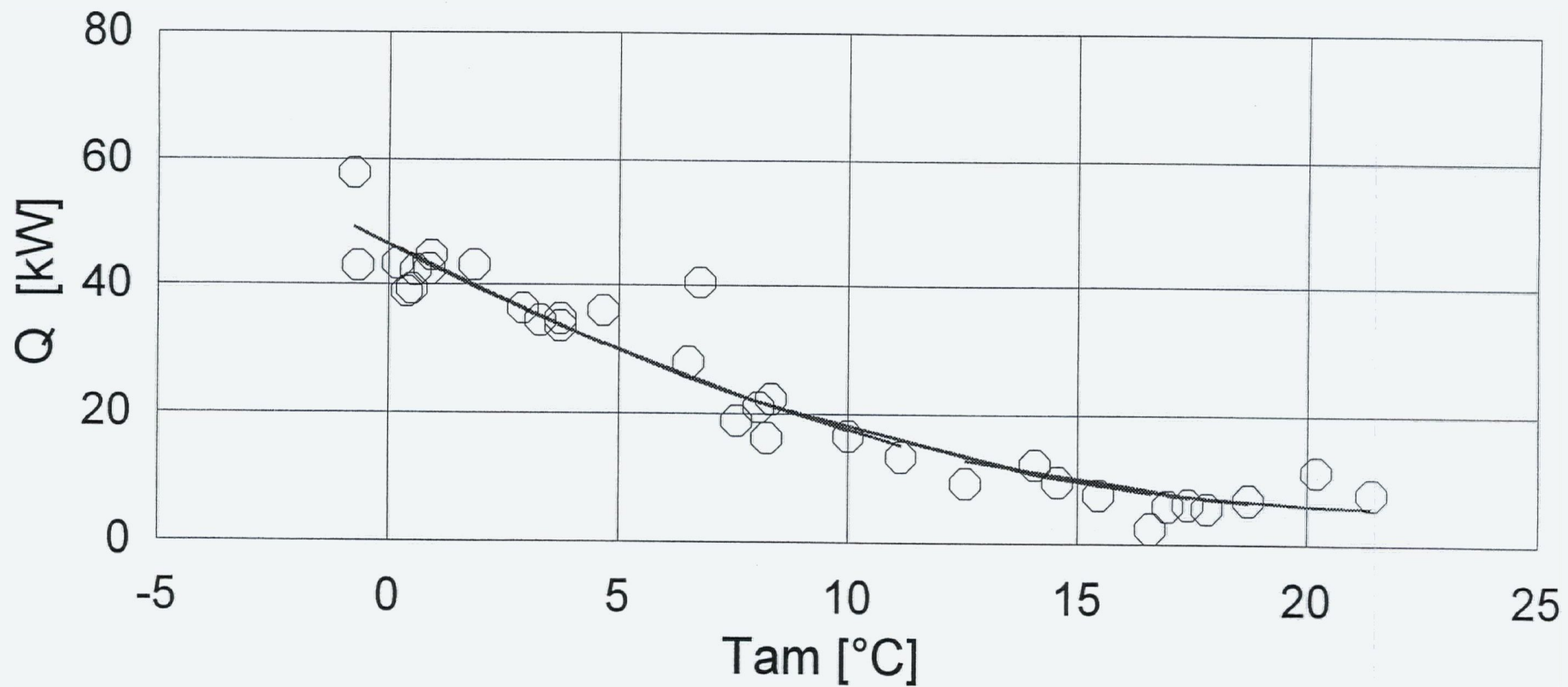


Diagramm 8

Messdaten Restaurant Grauholz

	Datum	Zeit	1 WP an Warmwasser		2 WP an Heizung		2.1 WP an Luftvorhang	
			Durchfluss	Wärme	Durchfluss	Wärme	Durchfluss	Wärme
			m3	MWh	m3	MWh	m3	kWh
1	06.09.99	14:00	4336.5	1.516	4309.8	0.37	-	-
2	13.09.99	13:30	4962.3	5.880	5512.4	0.39	-	-
3	21.09.99	11:15	5651.7	6.130	6840.9	0.60	-	-
4	04.10.99	09:30	6776.2	8.119	8953.6	1.57	-	-
5	11.10.99	09:00	7373.9	8.994	10086.4	3.40	-	-
6	18.10.99	21:00	8046.5	9.912	11359.9	5.45	-	-
7	24.10.99	09:15	8474.8	10.585	12204.2	7.27	-	-
8	01.11.99	08:45	9157.5	11.460	13460.1	8.94	-	-
9	08.11.99	08:30	9731.8	12.428	14578.8	11.72	-	-
10	15.11.99	08:00	10325.3	13.660	15847.2	16.07	45.7	224.8
11	23.11.99	08:00	11042.8	15.446	17482.3	22.68	171.1	73.5
12	29.11.99	10:00	11595.5	16.903	18761.2	28.27	276.0	1467.9
13	06.12.99	11:30	12219.3	18.431	20149.9	33.6	373.4	1924.7
14	13.12.99	13:00	12844.9	19.840	21525.5	37.63	463.3	2323.6
15	20.12.99	11:30	13476.4	21.358	22958.3	43.05	570.4	2822.9
16	28.12.99	12:30	14191.4	23.069	24597.4	48.99	692.8	3368.8
17	03.01.2000	07:45	14717.9	24.640	25789.9	53.07	777.9	3750.4
18	18.01.2000	09:30	16071.2	27.369	28836.6	63.41	1007.0	4756.2
19	24.01.2000	11:00	16974.8	28.591	30816.9	67.5	1099.8	5168.9
20	07.02.2000	08:30	17878.3	31.566	32936.6	77.67	1306.0	6104.6
21	14.02.2000	08:00	18507.2	32.935	34311.1	81.99	1392.9	6438.8
22	21.02.2000	14:00	19139.7	34.311	35699.2	86.49	1482.2	6881.9
23	28.02.2000	15:15	19765.1	35.684	37005.5	90.54	1560.4	7135.0
24	13.03.2000	09:00	20961.9	38.086	39399.8	96.98	1668.3	7534
25	20.03.2000	13:30	21587.1	39.218	40682.9	91.23	1721.8	7733
26	11.04.2000	08:30	23453.6	42.401	44361.9	108.8	1851.7	8151
27	17.04.2000	14:00	23983.8	43.292	45386.6	111	1881.9	8226
28	15.05.2000	09:20	26429.4	46.923	50114.9	115.5	1899.8	8260
29	09.06.2000	08:45	28599.3	49.726	54202.0	117.2	1900.6	8261.8
30	12.06.2000	08:15	28866.4	50.094	54714.8	117.3	1900.6	8262
31	10.07.2000	08:50	31333.9	53.809	59664.6	117.3	1900.6	8262
32	18.07.2000	08:15	32057.7	54.848	6099.3	118.1	1900.7	8260
33	31.07.2000	08:40	33196.8	56.805	63427.2	118	1900.7	8262
34	07.08.2000	12:50	33838.5	57.770	64739.7	118.1	1900.7	8262
35	14.08.2000	08:15	34449.8	58.918	66002.4	118.8	1900.7	8262
36	21.08.2000	12:50	35102.2	60.26	107430	118.8	900.8	8260
37	29.08.2000	08:50	35799.6	61.49	68952.8	118.2	1900.8	8262
38	04.09.2000	08:30	36320.7	62.24	10027.9	118.2	1900.8	8262
39	18.09.2000	09:00	37555.9	64.03	72587.1	118.6	1900.8	8262
40	25.09.2000	09:00	38156.7	64.85	73789.2	119.3	1900.3	8262
41	02.10.2000	13:00	38156.8	65.61	75008.1	119.80	1900.8	8262

Tabelle 2

	3 Restw. an Erdsonden		4 Erdsonden an WP		5 Fortl. Rest. an WP		6 Stromzähler
	Durchfluss	Wärme	Durchfluss	Wärme	Durchfluss	Wärme	
	m3	MWh	m3	MWh	m3	MWh	kWh
1	1942.6	5.11	5.7	0.20	645.8	0.20	2752
2	3693.7	9.05	6.5	0.20	901.5	0.20	4507
3	4660.4	11.59	6.5	0.20	1148.0	0.20	6433
4	5821.1	13.75	7.7	0.20	1344.6	0.20	9262
5	5827.0	13.75	379.8	0.90	1375.7	0.45	10866
6	5833.3	13.75	810.2	1.68	1411.5	0.76	12652
7	5878.3	13.75	1286.3	2.45	1451.3	1.14	13539
8	5843.4	13.75	1548.2	2.93	1473.1	1.32	15622
9	5845.4	14.83	2200.5	4.85	1513.8	1.73	17823
10	5851.5	15.87	3683.0	8.60	1635.6	2.91	20973
11	5862.6	15.87	6271.6	13.13	2014.9	5.41	25404
12	5921.4	15.87	8449.5	16.71	2332.0	6.55	29282
13	5931.3	15.67	10477.2	19.65	2613.7	7.78	32728
14	5941.4	15.67	12374	21.89	2945.9	8.50	36036
15	5951.8	15.67	14638.7	25.34	3288.7	10.09	39830
16	5963.9	15.87	17219.2	28.53	3728.7	10.40	44147
17	5972.9	15.87	19005.8	30.38	4030.7	10.47	47169
18	5996.0	15.87	23802.4	35.63	4866.3	10.71	55005
19	6005.6	15.87	25742.9	37.66	5187.1	10.79	58141
20	6017.1	15.87	30039.6	42.80	5838.0	12.46	65476
21	6021.2	15.87	31847.6	44.65	6108.8	13.44	68650
22	6074.8	15.87	33698.1	46.91	6399.6	14.41	71789
23	6028.5	15.87	35315.9	48.92	6656.2	15.34	74747
24	6043.8	15.87	37532.1	51.65	6954.9	16.62	79561
25	6052.1	15.87	38027.8	52.92	7071.1	17.23	81946
26	6073.7	15.87	41276.7	56.65	7394.6	18.75	88410
27	6039.2	15.87	41886.3	57.36	7950.6	19.05	90095
28	7303.8	19.68	42250.4	57.90	7841.1	19.27	97142
29	9768.2	24.02	42265.9	57.92	8403.4	19.27	102703
30	10215.3	25.15	52265.9	57.92	8547.2	19.27	103479
31	14289.0	37.82	42268.8	57.92	9895.7	19.27	111770
32	14990.2	37.92	42268.8	57.92	10129.8	19.27	113685
33	16891.5	45.92	42268.8	57.94	10765.8	19.27	118095
34	17937.6	49.46	42268.8	57.92	11114.0	19.27	120427
35	18935.1	53.33	42268.8	57.92	11446.1	19.27	122713
36	19927.5	59.60	42270.0	57.90	11837.7	19.27	125993
37	20985.1	65.51	42270.0	57.92	122852.5	19.27	129017
38	21781.3	68.93	42270.0	57.92	12544.0	19.27	130803
39	23388.9	76.38	42270.0	57.92	13195.6	19.27	135111
40	23946.2	78.36	42270.0	57.92	13429.9	19.27	136944
41	24721.0	81.14	42270.0	57.92	13726.1	19.27	138841

Tabelle 3

Auswertung
Restaurant Grauholz

Zeitperiode		Zeitdifferenz			1 WP an Warmwasser	
von	bis	Tage	Stunden	total	Wärme	mittl. Leistung
					kWh	kW
06.09.99	13.09.99	7	-0.5	167.5	4364	26.05
13.09.99	21.09.99	8	-2.25	189.75	249.7	1.32
21.09.99	04.10.99	13	-1.75	310.25	1989	6.41
04.10.99	11.10.99	7	-0.5	167.5	874.8	5.22
11.10.99	18.10.99	7	12	180	918.6	5.10
18.10.99	24.10.99	6	-11.75	132.25	672.6	5.09
24.10.99	01.11.99	8	-0.5	191.5	875.1	4.57
01.11.99	08.11.99	7	-0.25	167.75	968	5.77
08.11.99	15.11.99	7	-0.5	167.5	1232	7.35
15.11.99	23.11.99	8	0	192	1787	9.31
23.11.99	29.11.99	6	2	146	1457	9.98
29.11.99	06.12.99	7	1.5	169.5	1528	9.02
06.12.99	13.12.99	7	1.5	169.5	1409	8.32
13.12.99	20.12.99	7	-1.5	166.5	1518	9.12
20.12.99	28.12.99	8	1	193	1710	8.86
28.12.99	03.01.2000	6	-4.75	139.25	1571	11.28
03.01.2000	18.01.2000	15	1.75	361.75	2729	7.54
18.01.2000	24.01.2000	6	1.5	145.5	1222	8.40
24.01.2000	07.02.2000	14	-2.5	333.5	2975	8.92
07.02.2000	14.02.2000	7	-0.5	167.5	1369	8.17
14.02.2000	21.02.2000	7	6	174	1376	7.91
21.02.2000	28.02.2000	7	1.25	169.25	1373	8.11
28.02.2000	13.03.2000	14	-6.25	329.75	2402	7.28
13.03.2000	20.03.2000	7	4.5	172.5	1132	6.56
20.03.2000	11.04.2000	22	-5	523	3183	6.09
11.04.2000	17.04.2000	6	5.5	149.5	891	5.96
17.04.2000	15.05.2000	28	-4.667	667.3333	3631	5.44
15.05.2000	09.06.2000	25	-0.583	599.4167	2804	4.68
09.06.2000	12.06.2000	3	-0.5	71.5	367.2	5.14
12.06.2000	10.07.2000	28	0.5833	672.5833	3715	5.52
10.07.2000	18.07.2000	8	-0.583	191.4167	1039	5.43
18.07.2000	31.07.2000	13	0.4167	312.4167	1958	6.27
31.07.2000	07.08.2000	7	4.1667	172.1667	965.1	5.61
07.08.2000	14.08.2000	7	-4.583	163.4167	1147	7.02
14.08.2000	21.08.2000	7	4.5833	172.5833	1340	7.76
21.08.2000	29.08.2000	8	-4.333	187.6667	1987	10.59
29.08.2000	04.09.2000	6	0.1667	144.1667	2540	17.62
04.09.2000	18.09.2000	14	0.5	336.5	2610	7.76
18.09.2000	25.09.2000	7	4	172	1572	9.14

Tabelle 4

2 WP an Heizung		2.1 WP an Luftvorhang		3 Restw. an Erdsonden		4 Erdsonden an WP	
Wärme	mittl. Leistung	Wärme	mittl. Leistung	Wärme	mittl. Leistung	Wärme	mittl. Leistung
kWh	kW	kWh	kW	kWh	kW	kWh	kW
20	0.12	0	0.00	3940.00	23.52	0.00	0.00
210	1.11	0	0.00	2540.00	13.39	0.00	0.00
970	3.13	0	0.00	2160.00	6.96	0.00	0.00
1830	10.93	0	0.00	0.00	0.00	700.00	4.18
2050	11.39	0	0.00	0.00	0.00	780.00	4.33
1820	13.76	0	0.00	0.00	0.00	770.00	5.82
1670	8.72	0	0.00	0.00	0.00	480.00	2.51
2780	16.57	0	0.00	1080.00	6.44	1920.00	11.45
4350	25.97	224.8	1.34	1040.00	6.21	3750.00	22.39
6610	34.43	-151.3	-0.79	0.00	0.00	4530.00	23.59
5590	38.29	1394.4	9.55	0.00	0.00	3580.00	24.52
5330	31.45	456.8	2.69	-200.00	-1.18	2940.00	17.35
4030	23.78	398.9	2.35	0.00	0.00	2240.00	13.22
5420	32.55	499.3	3.00	0.00	0.00	3450.00	20.72
5940	30.78	545.9	2.83	200.00	1.04	3190.00	16.53
4080	29.30	381.6	2.74	0.00	0.00	1850.00	13.29
10340	28.58	1005.8	2.78	0.00	0.00	5250.00	14.51
4090	28.11	412.7	2.84	0.00	0.00	2030.00	13.95
10170	30.49	935.7	2.81	0.00	0.00	5140.00	15.41
4320	25.79	334.2	2.00	0.00	0.00	1850.00	11.04
4500	25.86	443.1	2.55	0.00	0.00	2260.00	12.99
4050	23.93	253.1	1.50	0.00	0.00	2010.00	11.88
6440	19.53	398.8	1.21	0.00	0.00	2730.00	8.28
-5750	-33.33	199.4	1.16	0.00	0.00	1270.00	7.36
17550	33.56	417.9	0.80	0.00	0.00	3730.00	7.13
2180	14.58	74.8	0.50	0.00	0.00	710.00	4.75
4510	6.76	34.5	0.05	3810.00	5.71	540.00	0.81
1720	2.87	1.4	0.00	4340.00	7.24	20.00	0.03
120	1.68	0	0.00	1130.00	15.80	0.00	0.00
30	0.04	0	0.00	*****	18.84	0.00	0.00
730	3.81	-1.4	-0.01	100.00	0.52	0.00	0.00
-30	-0.10	1.4	0.00	8000.00	25.61	20.00	0.06
40	0.23	0	0.00	3540.00	20.56	-20.00	-0.12
690	4.22	0	0.00	3870.00	23.68	0.00	0.00
10	0.06	-1.4	-0.01	6270.00	36.33	-20.00	-0.12
-550	-2.93	1.4	0.01	9330.00	49.72	20.00	0.11
420	2.91	0	0.00	*****	75.40	0.00	0.00
1040	3.09	0	0.00	9430.00	28.02	0.00	0.00
1160	6.74	0	0.00	4760.00	27.67	0.00	0.00

Tabelle 5

5 Fortl. Rest. an WP		Nutzwärme		6 Stromzähler		Arbeitszah	Tam
Wärme	mittl. Leistung	Wärme	mittl. Leistung		mittl. Leistung		
kWh	kW	kWh	kW	kWh	kW	-	°C
0.00	0.00	4384.000	26.173	1755	10.5	2.50	18.5
0.00	0.00	459.700	2.423	1926	10.2	0.24	16.6
0.00	0.00	2959.200	9.538	2829	9.1	1.05	14.6
250.00	1.49	2704.800	16.148	1604	9.6	1.69	8.2
310.00	1.72	2968.600	16.492	1786	9.9	1.66	10.0
380.00	2.87	2492.600	18.848	887	6.7	2.81	7.6
180.00	0.94	2545.100	13.290	2083	10.9	1.22	11.2
410.00	2.44	3748.000	22.343	2201	13.1	1.70	8.3
1180.00	7.04	5806.500	34.666	3150	18.8	1.84	3.7
2500.00	13.02	8245.300	42.944	4431	23.1	1.86	-0.7
1140.00	7.81	8440.900	57.814	3878	26.6	2.18	-0.8
1230.00	7.26	7314.900	43.156	3446	20.3	2.12	1.9
720.00	4.25	5838.300	34.444	3308	19.5	1.76	3.3
1590.00	9.55	7437.300	44.668	3794	22.8	1.96	0.9
310.00	1.61	8196.400	42.468	4317	22.4	1.90	0.9
70.00	0.50	6032.700	43.323	3022	21.7	2.00	0.2
240.00	0.66	14074.700	38.907	7836	21.7	1.80	0.4
80.00	0.55	5724.900	39.346	3136	21.6	1.83	0.5
1670.00	5.01	14080.800	42.221	7335	22.0	1.92	0.6
980.00	5.85	6022.900	35.958	3174	18.9	1.90	4.7
970.00	5.57	6319.400	36.318	3139	18.0	2.01	2.9
930.00	5.49	5676.200	33.537	2958	17.5	1.92	3.7
1280.00	3.88	9240.400	28.022	4814	14.6	1.92	6.5
610.00	3.54	-4418.500	-25.614	2385	13.8	-1.85	6.0
1520.00	2.91	21151.000	40.442	6464	12.4	3.27	6.8
300.00	2.01	3145.800	21.042	1685	11.3	1.87	8.0
220.00	0.33	8175.100	12.250	7047	10.6	1.16	14.1
0.00	0.00	4525.100	7.549	5561	9.3	0.81	15.5
0.00	0.00	487.200	6.814	776	10.9	0.63	18.7
0.00	0.00	3745.100	5.568	8291	12.3	0.45	17.8
0.00	0.00	1767.700	9.235	1915	10.0	0.92	12.6
0.00	0.00	1929.000	6.174	4410	14.1	0.44	17.4
0.00	0.00	1005.100	5.838	2332	13.5	0.43	17.0
0.00	0.00	1837.300	11.243	2286	14.0	0.80	20.2
0.00	0.00	1348.400	7.813	3280	19.0	0.41	21.4
0.00	0.00	1438.200	7.664	4810	25.6	0.30	18.3
0.00	0.00	2959.600	20.529	6094	42.3	0.49	14.9
0.00	0.00	3650.500	10.848	6141	18.2	0.59	15.6
0.00	0.00	2732.200	15.885	3730	21.7	0.73	13.7

Tabelle 6

Autobahnrestaurant Grauholz / Stromverbrauch Industrietarif

Tarif	Quartal	1995	1996	1997	1998	1999	2000
HT	1	144 066	154 035	141 376	141568	179 568	172 104
	2	149 526	120 177	153 536	156 816	146 752	157 344
	3	169 173	164 776	170 376	163 112	163 024	167 384
	4	157 737	165 288	156 264	184 000	175 208	
NT	1	23 148	26 076	21 600	20016	30 240	29 840
	2	24 486	20 379	24 112	22 872	24 440	26 712
	3	32 097	27 592	26 688	27 816	27 304	25 656
	4	25 845	25 584	23 704	29 816	29 624	

Ab Heizperiode 1998/1999 wurde ohne Ölkessel, mit Wärmepumpe allein geheizt. Mehrverbrauch Strom seit Herbst 1998:

Tarif	Quartal	von / bis	Mittel	Mehrverbrauch kWh
HT	1	1995 -1998	145 261	
	1	1999 - 2000	175 836	+ 30 575
	4	1995 -1997	159 763	
	4	1998 - 1999	179 604	+ 19 841
NT	1	1995 - 1998	22 710	
	1	1999 - 2000	30 040	+ 7 330
	4	1995 - 1997	25 044	
	4	1998 - 1999	29 720	+ 4 676
Total Mehrverbrauch wegen Wärmepumpe				62 422

