

Tabelle 1: Wichtigste technische Daten der Brunnen des Pumpwerks 2 Ebenhofen der Stadt Kaufbeuren und des Brunnens Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen

Brunnendaten		Br. I 1961	Br. II 1961	Br. III 1961	Br. IV 1961	Br. V 1975	Sch. Br. Ebenhof.
Geländehöhe m ü.NN		707,17	706,55	714,13	707,00	715,08	ca. 707,5
OK Meßpunkt m ü.NN		705,54	704,81	712,40	705,32	713,12	707,25
OK Brunnenkopf m ü.NN		705,49	704,76	712,35	705,27	712,93	ca. 705,6
Bohrtiefe m u. Gelände		29,0	23,5	27,5	12,0	41,15	10,2
Sperr- rohr	DN mm	1000	800	1000	800	900	Schacht- ringe DN 1000  von 705,37 bis 697,37 m ü.NN  Brunnen- sole 697,7 m ü.NN
	bis m ü.NN	702,00	702,57	705,65	701,97	708,08	
	bis m u. Br. Kopf	3,49	2,19	6,70	3,30	4,85	
Brun- nen- aus- bau, Tie- fen ab OK Auf- satz- rohr	Material DN mm	OBO 600	OBO 400	OBO 400	OBO 400	Rilsan 500	Brunnen- sole 697,7 m ü.NN
	OK Aufs. r. m ü.NN	705,20	704,49	712,03	704,98	710,96	
	Aufsatzrohr bis m	5,0	3,5	9,0	3,5	8,0	
	Filterrohr bis m	15,0	9,5	18,5	7,5	32,0	
	Sumpfrohr bis m	18,0	11,5	21,0	9,5	37,0	
UK Sumpfr. m ü.NN	687,20	692,99	691,03	695,48	673,96		
Ruhewas- sersp. 30.10.91	m u. Meßpunkt	4,30	3,31	9,53	3,51	10,78	6,27
	m ü. NN	701,24	701,5	702,88	701,81	702,34	700,98
Unter- wasser- pumpe	UK Einlauföffn. m ü.NN	689,36	649,62	692,73	697,21	677,55	698,5
	Nennleistung l/s	15	20	25	25	100	25
	bei Förderhöhe m	55	57	53	56	54	?

Tabelle 2.1: Gelände- und Meßpunkthöhen, Bohrtiefen, Kiesmächtigkeiten und Wasserspiegelhöhen an Brunnen und Grundwassermeßstellen im Bereich des Pumpwerkes 2 Ebenhofen der Stadt Kaufbeuren und in dessen weiterer Umgebung

Blatt 1

Grundwasseraufschluß	Meß.h. m ü.NN	Gel.h. m ü.NN	Bohr-/ Ausbau- tiefe m	Basis des Kies- grundwasserleiters		Wasserspiegel am 30.10.1991	
				m u. Gel.	m ü.NN	m u. MP	m ü.NN
Br. I Kaufbeuren/Ebenhofen	705,54	707,17	29,0/20,0	17,3	689,9	4,30	701,24
Br. II Kaufbeuren/Ebenhofen	704,81	706,55	23,5/13,5	11,5	695,1	3,31	701,50
Br. III Kaufbeuren/Ebenhofen	712,40	714,13	27,5/23,0	20,9	693,2	9,53	702,88
Br. IV Kaufbeuren/Ebenhofen	705,32	707,00	12,0/11,5	9,6	697,4	3,51	701,81
Br. V Kaufbeuren/Ebenhofen	713,12	715,08	41,1/41,1	nicht erbohrt	<674	10,78	702,34
Br. I Allg. Alp.milch (AA I)	703,49	ca.705	20,7/20,5	19,8	ca.685	1,96	701,53
Br. II Allg. Alp.milch (AA II)	703,65	ca.705	21,5/21,0	19,8	ca.685	2,17	701,48
GM P1 Allg. Alp.milch (AA P1)	705,68	ca.705	unbekannt	---	---	4,14	701,54
Br. I Biessenh./Altdorf (AD I)	705,01	ca.706	ca. 20	---	---	3,03	701,98
Br. II Biessenh./Altdorf (AD II)	703,74	706,35	22,5/21,5	17,0	689,4	1,75	702,00
Br. Biessenhofen/Ebenhofen (E)	707,25	707,5	10,2/10,0	nicht erbohrt	<697	6,27	700,98
Viehtränke (V) bei Br. IV	706,29	ca.706	ca. 4	unbekannt	---	4,42	701,87
P1 (RKB 1) bei Br. V	715,82	715,09	34,0/19,3	29,7	685,4	13,46	702,36
P5 (RKB 5) bei Br. V	715,73	715,13	36,0/32,4	nicht erbohrt	<679	13,31	702,46
GMS 758 (Bohrung A)	716,02	714,92	43,0/32,5	36,0	678,9	13,68	702,34
GMS 759 (Bohrung B)	715,54	714,43	35,0/30,5	26,5	687,9	13,26	702,28
GMS 760 (Bohrung C)	716,01	715,03	53,5/40,5	41,6	673,4	13,40	702,61
Hausbrunnen Lorenzbauer (L)	714,65	ca.715	13,5(11,8?)	nicht erbohrt	<701	11,07	703,58
Hausbrunnen Feldwagner (F)	718,34	ca.719	14,0(14,3?)	nicht erbohrt	<705	14,54	703,80
Weidebrunnen Feldwagner (W)	710,87	ca.710	unbekannt	---	---	2,75	708,12
GM 1 Immenh. See (J1)	728,53	ca.728				6,66	721,87
GM 2 Immenh. See (J2)	727,36	ca.726				7,68	719,66
GM 4 Immenh. See (J4)	726,57	ca.726		unbekannt		8,13	718,44
GM 5 Immenh. See (J5)	726,70	ca.726				8,15	718,55
Br. Geisenhofen (G)	716,17	ca.716				3,89	712,30
Br. Kläranl. Mkt.oberdf. (K1)	714,15	714,15				2,71	711,44
GM 1 Engratsr./Thalh. (T1)	(743,00)	742,30				(12,07)	(730,93)
GM 2 Engratsr./Thalh. (T2)	(745,60)	744,90		unbekannt		(14,34)	(731,26)
GM 3 Engratsr./Thalh. (T3)	746,41	745,70				14,29	732,12
GM Industr. Park Thalhofen (T4)	737,33	ca.737				8,72	728,61

Erläuterungen zur Tabelle siehe Blatt 2

Tabelle 2.1, Blatt 2: Erläuterungen zur Tabelle 2.1

Als Meßpunkte dienen bei den Brunnen I bis V und P1 bzw. P5 Kaufbeuren, bei den Brunnen und beim Pegel 1 Allgäuer Alpenmilch und Altdorf die OK der Peilrohre. Die Höhenangaben für erstere stammen vom Städt. Wasserwerk Kaufbeuren und von der Fa. Allgäuer Alpenmilch (Nestle AG). Beim Brunnen II Altdorf liegt eine Ausbauezeichnung mit Höhenangaben zur OK Schachtdeckel (vom WWA Kempten) vor. Hieraus wurden die Meßpunkthöhen der Brunnen Altdorf I und II vom Gutachter durch Nivellement abgeleitet. Ausgehend vom Brunnen IV Kaufbeuren wurde die OK Betondeckel = Meßpunkt der Viehtränke beim Brunnen IV Kaufbeuren durch Nivellement ermittelt. Die Meßpunkthöhe vom Brunnen Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen = OK Brunnenringe stammt aus Unterlagen des städt. Wasserwerkes Kaufbeuren.

Bei den Grundwassermeßstellen 758 bis 760, Immenhofener See, GM 1 bis GM 3 Engratsried/Thalhofen und GM Industriepark Thalhofen dienen die OK der über Gelände überstehenden Rohre (OK geöffnete Sebakappe) als Meßpunkte. Die Höhen wurden vom Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, vom WWA Kempten, vom Stadtbauamt und vom Wasserwerk Marktoberdorf mitgeteilt.

Die Höhe des Brunnens an der Kläranlage Marktoberdorf stammt vom Stadtbauamt Marktoberdorf und bezieht sich auf die OK des Weges um das Nachklärbecken. Hier befindet sich ein Brauchwasserbrunnen. Ein weiterer Brunnen zur Kühlwasserentnahme für das E-Werk befindet sich am Belebungsbecken. Das Wasser wird nach Nutzung gegenüber des Brauchwasserbrunnens am Nachklärbecken wieder in den Untergrund eingeleitet. Die Brunnen sind untereinander durch Drainagen unterhalb der Klärbecken miteinander verbunden. Da die Kläranlage durch eine Schmalwand umschlossen ist, und aus den Brauchwasserbrunnen Wasser gefördert wird, können die Wasserspiegel verfälscht sein. Wie die Grundwassergleichpläne in den Anlagen 3 und 5 zeigen, fügten sie sich jedoch gut in die übrigen Grundwasserstände vom 31.10.1991 ein.

Von den Meßstellen 1 bis 3 Engratsried/Thalhofen konnte am 31.10. 1991 nur noch die Meßstelle 3 an der B 472 aufgefunden werden. Die beiden übrigen sind offenbar verschüttet bzw. beim Kiesabbau in der Kiesgrube Schmid zerstört worden. Da vom 30.10.1989 vom Wasserwerk Marktoberdorf Wasserspiegel von allen 3 Meßstellen mitgeteilt wurden, konnten aus der Differenz zwischen den Wasserständen in GM 3 am 30.10.1989 und am 30.10.1991 (am 30.10. 1991 um 0,79 m tiefer als am 30.10.1989) die wahrscheinlichen Wasserstände in GM 1 und GM 2 am 30.10.1991 abgeleitet werden. Diese sind in der Tabelle 2.1 in (Klammern) angegeben.

Die Meßpunkthöhe des Brunnens Geisenhofen bezieht sich auf OK Betonfußboden im Brunnenhäuschen, höhengleich mit OK oberster Eingangstufe außen. Sie wurde vom Gutachter durch Nivellement, ausgehend von den Grundwassermeßstellen am Immenhofener See ermittelt.

Bei den Hausbrunnen Lorenzbauer und Feldwagner sind die Betonrohr-Oberkanten die Meßpunkte. Die Höhendaten stammen vom WWA Kempten. Ausgehend vom Hausbrunnen Feldwagner wurde die OK Betondeckel = Meßpunkt des Weidebrunnens Feldwagner nivelliert.

Tabelle 2.2: Wasserspiegelhöhen an Oberflächengewässern und Abflußdaten der Wertach im Bereich des Pumpwerkes 2  
Blatt 1 Ebenhofen der Stadt Kaufbeuren und dessen weiterer Umgebung

1. Pegel­daten der Wertach

Pegel­daten	Pegel Thalhofen	Pegel Biessenhofen
Fluß-km	91,6	80,0
Pegel-Nullpunkt (m ü.NN)	722,67	694,03
Einzugsgebiet (km <sup>2</sup> )	300	450
HQ seit 1963 (m <sup>3</sup> /s)	140	228
HQ (1/s·km <sup>2</sup> )	467	507
HW seit 1963 (cm)	195	335
MQ seit 1963 (m <sup>3</sup> /s)	9,12	12,4
MQ (1/s·km <sup>2</sup> )	30,4	27,6
MW seit 1963 (cm)	54	108
NQ seit 1963 (m <sup>3</sup> /s)	1,03	1,59
NQ (1/s·km <sup>2</sup> )	3,4	3,53
NW seit 1963 (cm)	22	73
Wasserstand (cm)	32	87
am 30.10.1991 (m ü.NN)	722,99	781,03

2. Wasserspiegel der Wertach am 31.10.1991

Meßpunkt	Wasserspiegel (m ü.NN)
Brücke der Kreisstraße OAL 7 (südöstlich Geisenhofen)	713,42
Einmündung Firgenbach	709,8
Normalstau Oberwasser E-Werk Ebenhofen	708,5
Normalwasserstand Unterwasser E-Werk Ebenhofen	701,85

Tabelle 2.2, Blatt 2

3. Sonstige Ergebnisse von Höheneinmessungen, Stand 31.10.1991

Meßpunkt	Wasserspiegel-/ Geländehöhe (m ü.NN)
Altwasser der Wertach südöstlich der Brunnen Ebenhofen	
Sohle nördlicher Arm (trocken)	705,66
Wasserspiegel ca. Mitte südlicher Arm	706,99
Wassersp. Südostende südlicher Arm	707,27
OK Wertachdämme oberhalb des E-Werkes Ebenhofen	709,3
Sohle des Vorflutgrabens östlich des östlichen Wertachdammes (Graben wasserführend)	705,5
Gelände östlich des Vorflutgrabens	706,9
Sohle Firgenbach (trocken)	
westlich GM 2 am Immenhofener See	724,5
am Durchlaß unter der Kr. OAL 7 (Abwassereinleitung im Durchlaß unter der Straße)	722,7
beim Hof Feldwagner	715,8
an der Feldscheune nahe des Weidebrunnens Feldwagner	712,4
Vor der Einmündung in die Wertach	710,4
Grundwasser in der alten Kiesgrube Schmid südwestlich Ennenhofen	716,54

Die Wasserspiegel am E-Werk Ebenhofen wurden von den Wertach-Elektrizitätswerken Kaufbeuren mitgeteilt. Die übrigen Höhen wurden vom Gutachter durch Nivellement gemessen.

Tabelle 2.3: Ergebnisse von nicht zu Brunnen oder Grundwassermeßstellen ausgebauten Bohrungen nach Unterlagen des Städt. Wasserwerkes Kaufbeuren und aus dem Bohrarchiv des Bayer. Geol. Landesamtes (GLA), Kiesmächtigkeiten und Wasserspiegel aus verschiedenen Jahren

Bohrung	Gel. h. m ü.NN	Bohr- tiefe m	Basis des Kies- grundwasserleiters		Wasserspiegelmessung		
			m u. Gel.	m ü.NN	Datum	m u. Gel.	m ü.NN
Vers. Bohr. W' Ebenh. 1960	710,95	11,6	3,5	707,7	12.12.60	2,70	708,25
Bohrung 3 Ebenh. aus 1961	710,13	14,0	3,2	706,9	11.07.61	2,55	707,58
Bohrung 4 Ebenh. aus 1961	710,78	10,0	4,3	706,5	14.07.61	3,55	707,23
Bohrung 7 Ebenh. aus 1962	704,45	19,0	5,0	699,5	04.05.62	2,55	701,90
Schußbohrungen GLA 1976	ca. 720-730	ca.35	ca. 20	ca. 690-700	nicht bekannt		
GLA 8129/7	ca. 729	274	20	709	nicht bekannt		
GLA 8129/74	ca. 720	12	nicht erbohrt	<708	Juli 72	10,0	710
GLA 8129/75	ca. 719	10	nicht erbohrt	<709	nicht bekannt		
GLA 8129/76	ca. 716	10	nicht erbohrt	<706	nicht bekannt		
GLA 8129/77	ca. 716	10	nicht erbohrt	<706	nicht bekannt		
GLA 8129/78	ca. 713	5	nicht erbohrt	<708	nicht bekannt		
GLA 8229/3 (26 Bohrungen)	ca. 745	bis ca. 16	ca. 15 wechselnd	ca. 730	Nov. 72/ Febr. 73	ca. 10-14	ca. 731 bis 735
GLA 8229/16	ca. 745	10	1,5	743	Mai 71	1,4	743,5
GLA 8229/17	ca. 742	15	5,0	737	Mai 71	4,4	737,5
GLA 8229/46 (14 Bohrungen)	ca. 747-750	bis 18	ca. 16-17 (Moränen)	ca. 730	April 88	ca. 11-13	ca. 735
GLA 8229/61	ca. 750	5	Schluff, kein Kies		Juni 71	1,8	748
GLA 8229/62	ca. 742	3	nicht erbohrt	<739	nicht bekannt		
GLA 8229/66	ca. 742	6	nicht erbohrt	<736	nicht bekannt		
GLA 8229/67	ca. 748	6	nicht erbohrt	<742	Mai 72	1,3	747
GLA 8229/68	ca. 734	6	4,1	730	19.05.72	1,5	732,5
GLA 8229/69	ca. 735	6	nicht erbohrt	<729	Juli 72	3,2	732
GLA 8229/70	ca. 723	11	1,4	722	18.05.72	kein Wasser	<712
GLA 8229/74	ca. 750	12,5	Schluff, kiesig		nicht bekannt		

Die Höhen der Bohrungen Ebenhofen stammen aus Unterlagen des Städt. Wasserwerkes Kaufbeuren. Die Höhen der Bohrungen aus dem Bohrarchiv des GLA wurden aus der TK 25 abgegriffen.

Tabelle 3: Langjährige Extremwerte der Ruhewasserstände an den Brunnen und Grundwassermeßstellen im Raum Ebenhofen und Vergleich mit den Wasserständen vom 30.10.1991

Meßstelle	Meßzeitraum	höchster Wassersp.		niedrigster Wsp.		h m	Wassersp. 30.10.1991
		Datum	m ü.NN	Datum	m ü.NN		
Br. I Kaufbeuren	1962-1990	1964	703,02	1972	700,53	2,49	701,24
Br. II Kaufbeuren	1962-1990	1965	703,44	1972	701,07	2,37	701,50
Br. III Kaufbeuren	1962-1990	1965	705,84	1972	702,12	3,72	702,88
Br. IV Kaufbeuren	1962-1990	1988	703,69	1984	701,34	2,35	701,81
Br. V Kaufbeuren	1975-1990	1988	706,16	1986	702,13	4,03	702,34
Br. Biessenhofen, Ortsteil Ebenhofen	1961-1990	1965	703,57	1976	700,11	3,46	700,98
Viehtränke bei Br. IV	1961-1967	1965	703,72	1963	701,91	1,81	701,87
Allg. Alpenmilch P2	1961-1971	1965	703,33	1961	701,36	1,97	P1 701,54
Allg. Alpenmilch P7	1961-1971	1965	703,24	1961	701,28	1,96	P2 bis
Allg. Alpenmilch P8	1961-1967	1965	703,48	1961	701,48	2,00	P 10 sind
Allg. Alpenmilch P9	1961-1971	1965	703,31	1961	701,35	1,96	nicht mehr
Allg. Alpenmilch P10	1961-1967	1965	703,39	1961	701,39	2,00	auffindbar
GMS 758 (Bohrung A)	16.12.76 - Okt. 90	18.01.82	706,98	18.12.86	702,33	4,65	702,34
GMS 759 (Bohrung B)	16.12.76 - Okt. 90	18.01.82	706,20	15.12.86	702,04	4,16	702,28
GMS 760 (Bohrung C)	16.12.76 - Okt. 90	16.01.82	706,33	19.12.86	702,09	4,24	702,62
Hausbrunnen Lorenz- bauer (Reichenbach)	16.12.76 -30.03.77	13.03.77	705,46	16.12.76	703,46	2,00	703,58
Hausbrunnen Feldwag- ner (Wintergerst)	16.12.76 -30.03.77	13.03.77	705,70	16.12.76	703,91	1,79	703,80
Baggersee Immenh. J1	06.10.86	05.04.88	724,48	20.10.86	721,90	2,58	721,87
Baggersee Immenh. J2	bis	"	722,31	"	719,75	2,56	719,66
Baggersee Immenh. J4		"	721,23	"	718,51	2,72	718,44
Baggersee Immenh. J5	04.12.89	"	721,45	"	718,71	2,74	718,55

Von den Meßstellen 758 bis 760 liegen Mittelwertberechnungen vor.

GMS 758: 704,00 m ü.NN

GMS 759: 703,53 m ü.NN

GMS 760: 703,60 m ü.NN

Tabelle 4: Wasserförderung aus den Brunnen I bis V des Pumpwerkes 2 Ebenhofen der Stadt Kaufbeuren in den Jahren 1988 bis 1990 und ergänzende Angaben zur Wasserförderung aus den Brunnen Ebenhofen und Altdorf der Gemeinde Biessenhofen sowie aus den Brunnen der Allgäuer Alpenmilchwerke in Altdorf

Förderdaten		Brunnen I	Brunnen II	Brunnen III	Brunnen IV	Brunnen V	Summen		
Nennleistung der Unterwasserpumpe	l/s	15	20	25	25	100	185		
	m <sup>3</sup> /h	54	72	90	90	360	666		
	m <sup>3</sup> /a bei theoret. 24-Std.-Betrieb	473040	630720	788400	788400	3153600	5834160		
Wasserförderung	1988	m <sup>3</sup> /a	26563	29433	44815	38830	701205	840846	
		Betriebsstunden (gerundet)	481	374	438	411	1964	---	
	1989	m <sup>3</sup> /a	38942	37095	68325	64958	806805	1016125	
		Betriebsstunden (gerundet)	705	471	679	683	2358	---	
	1990	m <sup>3</sup> /a	30769	53239	72723	52258	795960	1002949	
		Betriebsstunden (gerundet)	573	676	731	569	2321	---	
	de-rung	1988	m <sup>3</sup> /a im Mittel	32091	39922	61954	52015	767323	953307
			Mittl. Auslastung in % der techn. mögl. Förderung bei theoretischem 24-Std.-Betrieb	6,8	6,3	7,9	6,6	24,3	16,3
		bis 1990	Max. Förd. im verbrauchsreichsten Monat in m <sup>3</sup>	6401	11839	14913	12854	79401	125408
			Durchschn. Betr.-zeit im verbrauchsreichsten Monat in h/d	4,2	4,9	4,9	4,5	7,7	---
	Monatsmittel der Absenkung unter Ruhewsp. bei Brunnenbetrieb in cm, n. Daten seit 1970, Br. V seit 1978		0 bis 20	10 bis 150	4 bis 48	4 bis 70	3 bis 10	---	
	Bewilligte	l/s	85 (Summe Brunnen I bis IV)				100	185	
Wasserförderung	m <sup>3</sup> /a	3000000 (Summe Brunnen I bis V)							

Gesamtwasserförderung Kaufbeuren 1988 bis 1990:  
 - Durchschnittliche Jahresförderung: 3175000 m<sup>3</sup>/a  
 - Maximale Tagesförderung: 11216 m<sup>3</sup>/d

Maximale bisher gemessene Tagesförderung:  
 Im Jahr 1976 = 16000 m<sup>3</sup>/d

Wasserförderung Brunnen Biessenhofen/Ebenhofen in 1990: 178392 m<sup>3</sup>  
 Brunnen Biessenhofen/Altdorf I + II in 1990: 262982 m<sup>3</sup>  
 Brunnen Allg. Alpenmilchwerke I + II ca. 1200000 m<sup>3</sup>/a



Tabelle 5: Pumpversuchsdaten zur geohydraulischen Auswertung der Pumpversuche in den Brunnen II bis V des Pumpwerkes Blatt 1 2 Ebenhofen der Stadt Kaufbeuren (die Daten des Brunnens I sind wegen der häufigen Änderung der Entnahmemenge im Pumpversuch nicht sinnvoll auswertbar) und des Brunnens Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen

Förderbrunnen				Ausgewertete Meßstellen				
Bezeichnung/Nr.	Pumpversuch von - bis		Basis des Kiesgrundwasserleiters (m ü.NN)	Wassersäule H im Ruhezustand (m)	Bezeichnung/Nr.	Entfernung r zum Förderbrunnen (m)	Absenkung s unter Rws. (m)	Wassersäule h im abgesenkten Zustand (m)
	Ruhewsp. (m ü.NN)	Ausgewertete Entnahme Q (l/s)						
Brunnen II	15.06.-18.06.1961		695,1	7,45	Brunnen II	r <sub>Br</sub> = 0,6	4,47	2,98
	702,55	40			Viehtränke	164	0,18	7,27
Brunnen III	28.08.-04.09.1961		693,2	10,91	Brunnen III	-	3,42	7,49
	704,11	52			P 14	54	0,57	10,34
					P 11	173	0,16	10,75
Brunnen IV	04.12.-07.12.1961		697,4	4,42	Brunnen IV	-	1,82	2,60
	701,82	38			P 15	5	1,00	3,42
					P 16	15	0,87	3,55
					Brunnen II	62	0,49	3,93
					P 12	66	0,47	3,95
					P 13	76	0,15	4,27
					Viehtränke	104	0,15	4,27
Brunnen V	04.09.-08.09.1975		<674 (Bohrlochsohle)	30,75	Brunnen V	-	0,12	30,45
	704,57	83						
Brunnen Ebenhofen	3 Tg. Dauerbetr. 1954		<697,7 (Brunnensohle)	6,16	Brunnen Ebenhofen	-	0,66	5,50
	703,86	25						

In den Erkundungsbohrungen A, B und C westlich von Brunnen V ergaben sich bei den Pumpversuchen im Nov./Dez. 1976 in Einzelpumpversuchen bei Entnahmen von 90 - 100 l/s Absenkungen von 0,50 bis 0,70 m und beim gemeinsamen Pumpversuch bei denselben Entnahmen aus jedem Brunnen Absenkungen von 0,55 bis 0,85 m unter Ruhewasserspiegel. Im einzelnen siehe /1c/.

Tabelle 5: Formeln (für ungespanntes Grundwasser) zur geohydraulischen Auswertung der Pumpversuche in den Brunnen II Blatt 2 bis V des Pumpwerkes 2 Ebenhofen der Stadt Kaufbeuren und des Brunnens Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen

- 1) Grob näherungsweise Auswertung der Absenkung im Förderbrunnen ohne Meßstellen im Beharrungszustand:

$$k_F = \frac{Q \cdot \ln R/r}{\pi \cdot (H^2 - h^2)} \quad (\text{m/s})$$

Annahme:  $R/r \approx 1000/1$   
Daraus folgt:  $\ln R/r = 6,91$

Brunneneinflüsse wie z.B. die Sickerstrecke können bei dieser Auswertung nicht berücksichtigt werden.

- 2) Näherungsweise Auswertung der Absenkung im Förderbrunnen und in einer Meßstelle im Beharrungszustand:

$$k_F = \frac{Q \cdot (\ln R - \ln r_{BF})}{\pi \cdot (h_1^2 - h_{BF}^2)} \quad (\text{m/s})$$

Annahme: Der Brunnenradius (Bohrlochradius) entspricht dem wirksamen Brunnenradius.

- 3) Auswertung der Absenkungen in zwei Meßstellen im Beharrungszustand:

$$k_F = \frac{Q \cdot (\ln r_2 - \ln r_1)}{\pi \cdot (h_2^2 - h_1^2)} \quad (\text{m/s})$$

- 4) Graphische Auswertung (in halblogarithmischem Maßstab) der Absenkungen in mehreren Meßstellen unterschiedlicher Entfernungen vom Förderbrunnen, angewandt auf den Pumpversuch im Brunnen IV vom 04.12.-07.12.1961 (siehe Bild 5.4)

$$T = \frac{2,3 \cdot Q}{2\pi \cdot \Delta s_{\text{KORR}}} \quad (\text{m}^2/\text{s}) \quad \text{mit } s_{\text{KORR}} = s - \frac{s^2}{2H} \quad (\text{m})$$

- 5) Transmissivität  $T = k_F \cdot H$  (m<sup>2</sup>/s)

$$6) \text{ Entnahmbreite } B = \frac{Q}{k_F \cdot m \cdot I_{\text{nat}}}, \quad \text{Untere Kulmination } x_u = B/2\pi \approx 0,16 \cdot B$$

(siehe Bild 5.5)

- 7) Reichweite  $R = 3000 \cdot s \cdot \sqrt{k_F}$  (m)

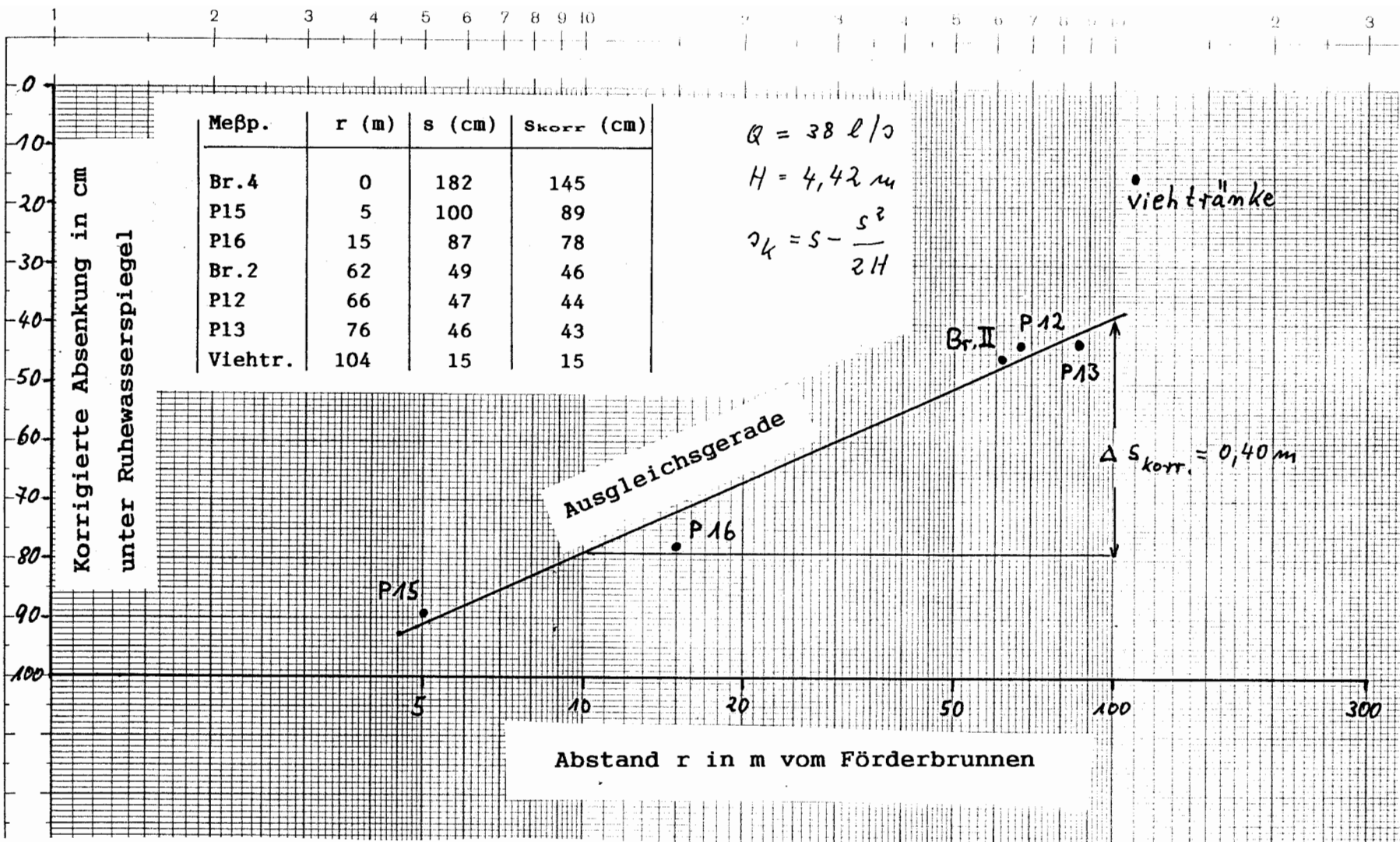
- 8) Abstandsgeschwindigkeit  $v_a = k_F \cdot I_{\text{nat}} \cdot 86400 / n_F$  (m/d)  
50-Tage-Entfernung  $x_{50} = v_a \cdot 50$  (m)

Tabelle 5, Blatt 3: Zusammenstellung der Formelzeichen

In den Formeln auf Blatt 2 bedeuten:

$k_f$	(m/s):	Durchlässigkeitswert
$Q$	(m <sup>3</sup> /s):	Entnahmemenge
$R$	(m):	Reichweite des Absenktrichters
$r$	(m):	Abstand einer Meßstelle vom Brunnen
$r_{Br}$	(m):	Brunnen (Bohrloch-) - Radius
$H$	(m):	Grundwassermächtigkeit vom Ruhewasserspiegel bis zur Basis des Grundwasserleiters (vereinfacht auch: Wassersäule im Brunnen im Ruhezustand)
$s$	(m):	Absenkung unter Ruhewasserspiegel
$h$	(m):	Abgesenkte Wassersäule im Brunnen ( $H - s$ )
$h_1, r_1$	(m):	Abgesenkte Wassersäule in der Meßstelle 1, Entfernung der Meßstelle 1 vom Förderbrunnen
$s_{korr}$	(m):	korrigierte Absenkung zur Anwendung der für gespanntes Grundwasser gültigen Formeln auf ungespanntes Grundwasser
$B$	(m):	Entnahmebreite
$x_u$	(m):	Untere Kulmination
$I_{nat}$	(-):	Natürliches Grundwassergefälle
$n_f$	(-):	Durchflußwirksamer Hohlraumanteil (Porenanteil), aus den Pumpversuchen in den Erkundungsbohrungen A, B und C (heute Grundwassermeßstellen 758, 759 und 760) entnommen zu 0,2 (nach /1c/)
$v_a$	(m/s):	Abstandsgeschwindigkeit

Tabelle 5: Graphische Auswertung des Pump-  
 Bild 5.4: versuches im Brunnen IV Ebenhofen  
 vom 04.12.-07.12.1961



Berechnung der Transmissivität mittels Ausgleichsgerade durch die korrigierten Absenkungen der Meßstellen P15, P16, Br.II, P12 und P13

$$T = \frac{2,3 \cdot Q}{2\pi \cdot \Delta s_k} = \frac{2,3 \cdot 0,038}{2\pi \cdot 0,4} = 3,48 \cdot 10^{-2} \text{ (m}^2/\text{s)}$$

$$k_f = T/H = 3,48 \cdot 10^{-2} / 4,42 = 7,9 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

Berechnung der Transmissivität mit den Absenkdaten der Meßstellen P15 und der Viehtränke beim Brunnen IV

$$k_f = \frac{Q \cdot (\ln r_2 - \ln r_1)}{\pi \cdot (h_2^2 - h_1^2)} = \frac{0,038 (\ln 104 - \ln 5)}{\pi (4,27^2 - 3,42^2)}$$

$$k_f = 5,6 \cdot 10^{-3} \text{ m/s} ; T = k_f \cdot H = 5,6 \cdot 10^{-3} \cdot 4,42 = 2,48 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

Tabelle 5: Darstellung des Anstrombereiches von Brunnen bei quasihomogenen Verhältnissen  
(Abbildung nicht genau maßstäblich)

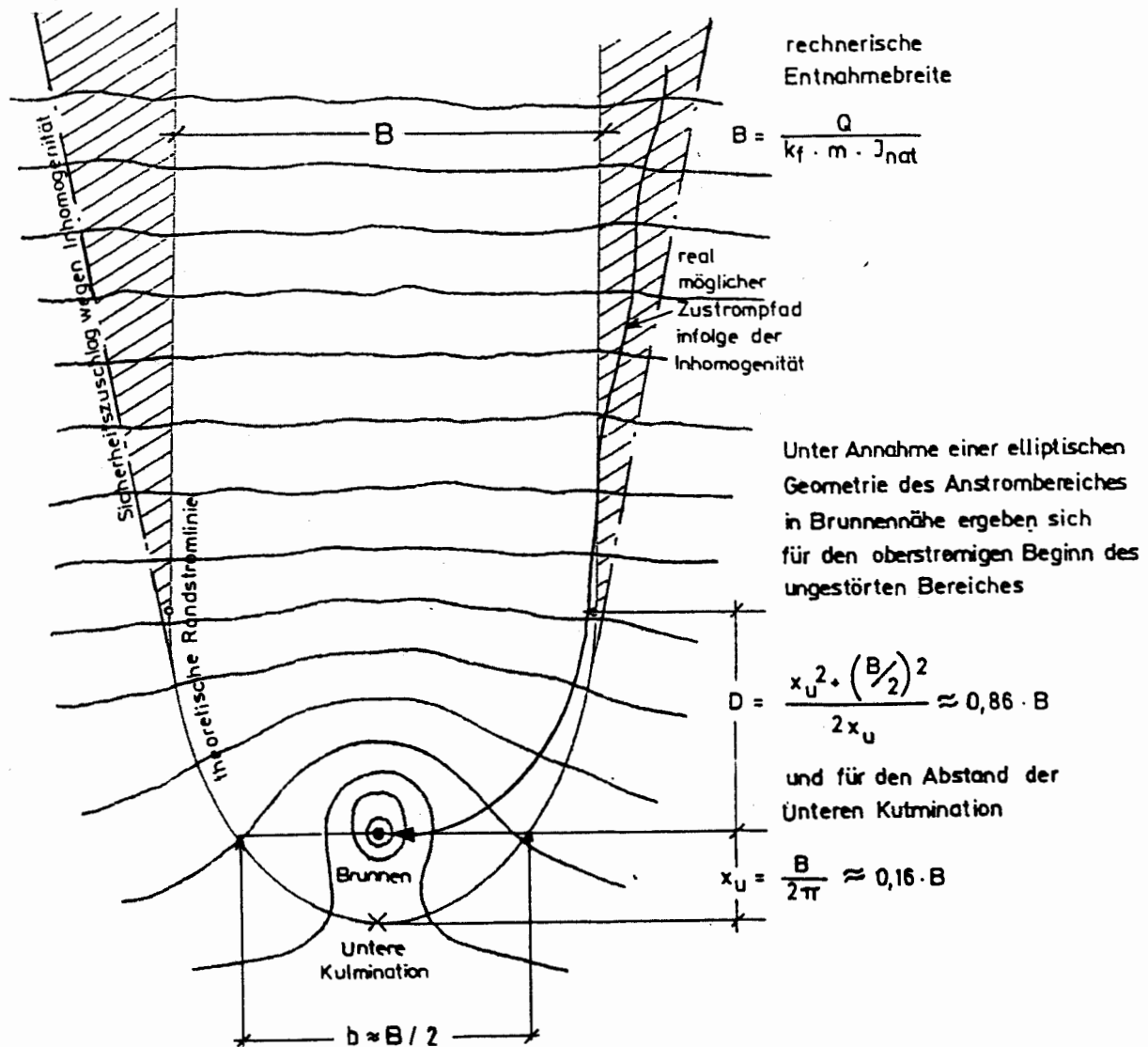


Tabelle 5: Zusammenstellung geohydraulischer Auswertungsergebnisse von den Pumpversuchen in den Brunnen II bis V des Pumpwerkes 2 Ebenhofen der Stadt Kaufbeuren, des Brunnens Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen und der Versuchsbrunnen A, B und C (heute Grundwassermeßstellen 758, 759 und 760 des Landesgrundwasserdienstes) im Grundwasservorranggebiet Ebenhofen

Brunnen	Pumpversuch von - bis	Formel (Bl. 2)	T  m <sup>2</sup> /s	k <sub>r</sub>  m/s	I <sub>nat</sub>  (-)	B bei Pumpen- leistung (Tab. 1)  (m)	x <sub>u</sub> bei Pumpen- leistung (Tab. 1)  (m)	s <sub>max</sub> (m)		R (m) bei s <sub>max</sub> im Pump- vers.	v <sub>a</sub> im Ruhe- zu- stand (m/d)	x <sub>50</sub> im Ruhe- zu- stand (m)
								bei Brun- nen- betr. (T.4)	im Pump- ver- such			
II	15.06.-18.06.61	1 2	1,3·10 <sup>-2</sup> 1,2·10 <sup>-2</sup>	1,7·10 <sup>-3</sup> 1,6·10 <sup>-3</sup>	0,0014	115	18	1,50	3,11 *	375 *	10	500
III	28.08.-04.09.61	3	2,4·10 <sup>-2</sup>	2,2·10 <sup>-3</sup>	0,01	105	17	0,48	1,31 *	190*	9,5	475
IV	04.12.-07.12.61	4	3,5·10 <sup>-2</sup>	7,9·10 <sup>-3</sup>	0,014	50	8	0,70	1,25 *	340*	48	(2400)
V	04.09.-08.09.75	1	7,6·10 <sup>-2</sup>	2,5·10 <sup>-2</sup>	0,009	15	2,5	0,10	---	50	95	(4750)
A B C	02.12.-07.12.76 11.11.-18.11.76 23.11.-27.11.76	Ergeb- nisse aus	1,25·10 <sup>-1</sup> 9,0 ·10 <sup>-2</sup> 1,54·10 <sup>-1</sup>	5,1·10 <sup>-3</sup> 6,0·10 <sup>-3</sup> 5,2·10 <sup>-3</sup>		bei an- genom- men Q=100l/s						
A,B,C Mittel	09.12.-15.12.76 gemeins. Pumpv.	/1c/	1,22·10 <sup>-1</sup>	5,4·10 <sup>-3</sup>	0,0017	480	77	---	1,0	220	4	200
Brunnen Ebenhofen	Betriebsdaten 1954	1	4,4·10 <sup>-2</sup>	7,1·10 <sup>-3</sup>	zum Br. III = 0,009	65	10	0,66	---	170	27	(1380)

\*) Gemeinsamer Pumpversuch 29.01. bis 06.02.1962

Die angegebenen Werte der untergrundhydraulischen Parameter sind gerundet. Bei Brunnen II wurden alternativ die Absenkungen im Brunnen selbst (Formel 1) sowie im Brunnen und in der Viehtränke (Formel 2), bei Brunnen III die Absenkungen in den Meßstellen P14 und P11 (Formel 3), bei Brunnen IV die Absenkungen in den Meßstellen P15, P16, Brunnen II, P12, P13 und der Viehtränke (graphische Auswertung nach Formel 4) und schließlich wurden bei Brunnen V und beim Brunnen Ebenhofen die Absenkungen im Brunnen V selbst (Formel 1) ausgewertet.

Bei Brunnen V ist die Berechnung der Durchlässigkeit mit einer erheblichen Ungenauigkeit behaftet, da die extrem geringen Absenkbeträge (0,12 m bei 83 l/s Entnahme) während des Pumpversuches durch natürliche Wasserspiegelschwankungen stark überlagert wurden. Die Wasserspiegel der Meßstellen stiegen aus diesem Grund während des Pumpversuches teilweise an und können daher nicht ausgewertet werden. Die Berechnungsergebnisse für die 50-Tage-Entfernung bei Brunnen IV und V sowie beim Brunnen Ebenhofen sind (in Klammern) gesetzt, da die untergrundhydraulischen Parameter innerhalb der theoretisch berechneten Entfernungen von mehreren Kilometern sicherlich erheblich variieren. Diese Werte dürfen daher nicht ohne weiteres für weitergehende Folgerungen verwendet werden.

Tabelle 6: Zusammenstellung der wichtigsten Analyseergebnisse von den Brunnen I bis V des Pumpwerkes 2 Ebenhofen der Stadt Kaufbeuren und von weiteren im potentiellen Einzugsgebiet gelegenen Hausbrunnen und Meßstellen Probenahme am 25.10.1990 (J1 bis J5 am 31.07.1990, Brunnen Ebenhofen am 19.02.1991)

Parameter	Dimen- sion	Baggersee Immenhofen				Brunnen Feldw.	Brunnen Lorenzb.	Br. V	Br. III	Brunnen Ebenhof.	Br. I	Br. II	Br. IV
		J1	J2	J4	J5								
Wassertemperatur	°C	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	10,1	10,2	8,6	9,0	6,4	8,9	8,9	9,1
pH - Wert	-	7,1	7	7,2	7,1	7,17	7,24	7,23	7,19	7,23	7,21	7,20	7,25
el. Leitfähigkeit b. 25°C	mS/cm	62,9	64,5	60,1	60,2	69,7	69,9	67,8	60,0	64,6	63,6	58,7	55,9
Gesamthärte	°dH	nicht bestimmt				20,2	20,15	19,6	17,55	19,6	19,35	17,55	17,05
Karbonathärte	°dH	"				18,7	18,6	17,6	16,4	18,1	18,1	16,9	16,0
KMnO <sub>4</sub> -Verbr. als O <sub>2</sub>	mg/l	"				2,0	1,1	1,9	2,4	1,5	1,1	2,3	3,2
org. Kohl.stoff TOC	"	0,7	0,6	<0,5	<0,5	0,44	0,52	0,44	0,58	n.b.	0,26	0,50	0,61
Sauerstoff	"	10,1	6,7	10	7,2	8,2	7,9	8,6	5,8	n.b.	5,7	4,7	2,6
Calcium Ca	mg/l	nicht bestimmt				102	102	97,9	89,9	99,4	95,1	91,4	89,2
Magnesium Mg	"	"				26,2	26,1	25,9	21,9	26,3	26,5	20,9	20,1
Natrium Na	"	"				9,4	9,7	9,5	5,2	8,3	4,8	5,5	5,5
Kalium K	"	"				3,0	3,6	2,3	1,6	1,7	1,2	1,6	1,8
Eisen, gesamt Fe	"	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,001	0,002	0,001	0,011	<0,05	0,016	<0,001	<0,001
Mangan, gesamt Mn	"	<0,05	<0,05	<0,001	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001
Ammonium NH <sub>4</sub>	"	0,02	0,01	<0,01	0,04	0,014	0,018	0,005	0,039	<0,01	0,01	0,02	0,02
Nitrit NO <sub>2</sub>	mg/l	nicht bestimmt				<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,005	<0,001	<0,001	<0,001
Nitrat NO <sub>3</sub>	"	27,9	25,4	19,6	13,8	18,2	20,3	19,0	9,8	19,1	5,6	5,9	3,7
Chlorid Cl	"	23	23	10	14	13,7	16,3	14,1	8,2	14,2	7,2	8,2	8,1
Sulfat SO <sub>4</sub>	"	12	14	15	7	11,4	12,1	10,5	7,8	6,8	8,4	7,9	7,1
Monophosphat PO <sub>4</sub>	"	nicht bestimmt				0,014	0,011	0,007	0,005	<0,05	0,005	0,004	0,001
Kieselsäure SiO <sub>2</sub>	mg/l	nicht bestimmt				5,0	5,1	4,4	3,9	2,3	5,3	4,0	4,1
Pflanzenschutzmittel	µg/l	nicht nachweisbar											
Halogenkohlenw.stoffe	µg/l *	nicht nachweisbar			0,2 TM	3,5 TE	3,9 TE	2,3 TE	nicht nachweisbar				
Arsen As	mg/l	nicht nachweisbar				nicht bestimmt		nicht nachweisbar					

\* ) TM = Trichlormethan (Tetrachlorkohlenstoff)

TE = Trichlorethylen

Tabelle 6: Entwicklung der Nitratkonzentration in mg/l im Wasser der Brunnen I bis V des Pumpwerkes 2 Ebenhofen der Stadt Kaufbeuren nach den Ergebnissen jährlicher Trinkwasseruntersuchungen und Aufstellung der Jahresniederschläge

Jahr	Niederschlag mm	Br. IV	Br. V	Mischwasser
1961	994,9	Spur		
1962	983,1			
1963	1001,6			
1964	949,4			
1965	1447,6			
1966	1311,9	9		
1967	1175,8	7		
1968	1120,3	7		
1969	1069,8			6,0
1970	1342,1			8,0
1971	958,3			11,0
1972	984,0			5,0
1973	1220,1			5,0
1974	1515,4			5,0
1975	1033,2		15,0	10,0
1976	1258,6			9,0
1977	1163,7			8,7
1978	1323,0			22,5 (1)
1979	1460,1	3,6	22,0	17,9 (1)
1980	1218,1	3,6	10,5	14,2 (1)
1981	1546,2	5,2	14,9	13,9 (1)
1982	1227,1	5,2	12,7	11,9 (1)
1983	1082,8	3,9	15,0	13,6 (1)
1984	1091,4	6,9	19,6	17,9 (1)
1985	1067,3	4,7	27,7	27,2 (1)
1986	1237,3	4,7	25,2	10,7 (1)
1987	1646,4	4,8	19,8	7,0 (2)
1988	1259,7	2,5	17,0	4,9 (2)
1989	1157,0	2,9	15,2	4,5 (2)
1990	1278,3	6,3	19,0	5,5 (2)
Mittel	1204		----	

Anmerkung: 1) Die Brunnen I bis IV wurden in den Jahren 1961/62 errichtet und im Jahr 1966 in Betrieb genommen. Brunnen V wurde 1975 gebohrt und 1978 in Betrieb genommen.

2) Nur Mischwasser Br. I, II und IV



Tabelle 6: Entwicklung der Nitrat- und Chloridkonzentration in mg/l im Wasser der Brunnen I bis V des Pumpwerkes 2 Blatt 3 Ebenhofen der Stadt Kaufbeuren seit 1981 (bei Br. IV und V seit 1983/84 Mittelwerte aus mehreren, ab 1986 monatlichen, Analysen - im übrigen Ergebnisse einer Analyse pro Jahr)

Jahr	Niederschlag	Brunnen V		Brunnen III		Brunnen I		Brunnen II		Brunnen IV	
	mm	Nitrat	Chlorid	Nitrat	Chlorid	Nitrat	Chlorid	Nitrat	Chlorid	Nitrat	Chlorid
1981	1546,2	14,9	19,5	5,6	10,6	8,3	11,6	4,7	11,4	5,2	12,8
1982	1227,1	12,7	24,2	7,4	10,7	8,2	13,5	5,4	11,3	5,2	11,8
1983	1082,8	16,1	22,4	7,2	13,1	5,7	12,5	4,2	12,4	3,9	13,2
1984	1091,4	18,8	25,3	13,6	16,3	8,8	13,1	7,8	15,3	6,9	15,6
1985	1067,3	23,9	25,6	13,5	14,5	10,3	13,9	8,3	15,4	5,8	12,2
1986	1237,3	24,9	23,5	10,0	13,2	16,0	18,4	7,9	14,5	6,1	10,2
1987	1646,4	21,0	23,7	7,6	12,3	12,0	17,5	6,8	13,7	5,7	9,1
1988	1259,7	17,4	21,0	7,3	12,1	9,1	15,9	4,1	12,8	4,7	9,4
1989	1157,0	14,8	17,5	6,9	12,9	7,9	12,5	4,2	12,7	3,1	8,2
1990	1278,3	19,6	15,0	9,8	8,2	5,6	7,2	5,9	8,2	4,9	8,5
Jan.- April 1991		22,5	14,0							6,3	8,8