

**SEGUNDA CONTRIBUIÇÃO SÓBRE O MOVIMENTO DA
ÁGUA SUBTERRÂNEA DE EMAS-PIRASSUNUNGA**

Otto Schubart

SEGUNDA CONTRIBUIÇÃO SÔBRE O MOVIMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DE EMAS-PIRASSUNUNGA

Otto Schubart

Em 1950 publicamos em colaboração com o Prof. Felix Rawitscher, nessa época Diretor do Departamento de Botânica da Faculdade de Filosofia em São Paulo, uma primeira contribuição sôbre o movimento da água subterrânea no campo cerrado da região de Pirassununga (vide Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letras 109, Botânica 8, 1950: 69-73).

Existe perto da Estação da Companhia Paulista de Estrada de Ferro de Emas um campo cerrado, do qual foram cercados 6 hectares em Janeiro de 1946; além disso, é feito anualmente um aceiro de 6 metros de largura em redor do cercado e ainda um outro mais estreito em paralelo com a Estrada de Ferro para melhor proteger o campo contra o fogo e acompanhar a provável restituição da cobertura arbórea. Ali foram cavados no total 3 poços, dos quais o primeiro desmoronou depois de meio ano de observação. O poço II começou a funcionar desde o dia 19 de Março de 1943 e o poço III, distante do outro 50 m, desde o dia 27 de Setembro de 1945. Ambos são munidos de uma tampa com cadeado e, além disso, protegidos por um telhado.

Sôbre a importância da observação do nível subterrâneo da água já foram feitas considerações gerais no primeiro trabalho. Neste foi demonstrado que "o nível da água sobe só no fim ou depois da estação chuvosa e as oscilações refletem a grandeza das precipitações anteriores." Passam-se aproximadamente 5 meses até a água atingir o lençol subterrâneo. Isto mostra que durante grande parte da época sêca existe água gravitativa (de aproveitamento fácil) em profundidade acessível às raízes de muitas plantas".

In. N. 109, p. 69

Continuamos nos anos seguintes com as medidas mensais e constatamos que em certos anos os poços se mantinham completamente sêcos. Surgiam assim as possibilidades de que o lençol subterrâneo tinha, por qualquer motivo, baixado tanto que ficou fora do alcance dos nossos poços entre 17 até 17 m 30 cm de profundidade ou que, com o tempo, as paredes dos mesmos ficaram impermeabilizadas. Para apurar esta questão foi resolvido aprofundar o poço II, realizado entre os dias 14-16 de Janeiro de 1950 e pela segunda vez em Novembro-Dezembro de 1956, quando também foi feita uma raspagem da parede na profundidade mais avançada. O poço II atingiu assim uma profundidade de 18 m 30 cm.

Em seguida, no dia 12 de Dezembro de 1956, apareceu água no poço II, primeiro num nível alto que depois baixou de novo para 17 m 22 cm, entrando no ritmo normal, ficando neste nível aproximadamente mais alguns meses só iniciando a subida em Maio (14 de Maio de 1957: 16 m 65 cm) e continuando na marcha costumeira. Mas, também, o poço III que permaneceu intacto, começou igualmente a se encher de água. Êle ficou vários anos completamente sêco desde 16 de Novembro de 1954. Em 24 de Abril de 1957 já tinha 20 cm de água, aumentando para 34 cm no dia 14 de Maio de 1957 (16 m 79 cm). Assim a hipótese da impermeabilização não ficou provada.

O movimento do nível durante o ano foi demonstrado na fig. 1 do trabalho anterior. Em geral começa a subida entre fins de Março ou início de Abril, podendo oscilar para menos ou mais em redor desta data. Muito cedo começou a subida em 1951, em 15 de Fevereiro de 1951 ainda medimos 17 m 27 cm e em 27 de Fevereiro de 1951 já 16 m 46 cm. E' interessante verificar que no ano anterior, 1950, em Outubro choveu 142,0 mm e em Novembro 310,9 mm, o que significa uma quantidade de 452,9 mm logo no início da chuva. Em geral atinge a chuva nestes dois meses entre 100-200 mm, caindo quantidades consideráveis só de Dezembro em diante.

Tentamos de novo verificar a relação entre o nível do poço e a quantidade de precipitação, relação aliás já discutida

no trabalho anterior. Sendo a água gravitativa uma resultante das chuvas, seria talvez de interêsse dar primeiro alguns detalhes a respeito das mesmas.

Sôbre a precipitação da região de Emas possuímos hoje observações de 18 anos completos, de 1940-1957, tirados no Pôsto Meteorológico n.º 3671 da rêde do Serviço de Meteorologia Federal, instalado na própria Estação Experimental de Biologia e Piscicultura. Neste intervalo variava a soma total anual da chuva entre 960,8 mm em 1953 e 1.913,8 mm em 1947,

TABELA I

Extremos e média mensal da precipitação no período de 1940-1957, medida no Pôsto Meteorológico da Estação Experimental em Pirassununga, em mm.

Mês	Extremos em 1940-1957	Média mensal em 1940-1957
I	106,0 — 309,8	233,1
II	61,5 — 379,0	223,6
III	24,0 — 314,1	155,8
IV	6,9 — 116,2	53,2
V	0,2 — 146,6	33,4
VI	0,0 — 113,6	33,6
VII	0,0 — 101,4	25,9
VIII	0,0 — 77,3	20,4
IX	0,0 — 188,6	52,2
X	39,6 — 225,5	114,7
XI	74,1 — 310,9	155,6
XII	81,6 — 333,7	187,7
	0,0 — 379,0	107,4

mostrando assim uma amplitude de 100%. A média da chuva para os 18 anos é de 1.289,2 mm. Em diversos trabalhos anteriores foram indicadas as seguintes médias:

1 290,8 mm para o intervalo de 1940-1949

1 310,7 mm para o intervalo de 1940-1952

As chuvas de um mês podem variar enormemente nos diversos anos, como se verifica fâcilmente na tabela I.

TABELA II

Quantidade das precipitações no inverno e no verão, baseada nas medidas do Pôsto Meteorológico da Estação Experimental em Pirassununga, em mm.

Ano	Época seca IV-IX	Época chuvosa X-XII+I-III	Soma	Período
1952	233,0	1 124,2	1 357,2	(38/39)*
1953	271,0	1 060,1	1 331,1	(39/40)*
1954	135,2	747,3	882,5	(40 41)
1955	323,8	1 058,2	1 382,0	(41/42)
1956	145,3	1 104,0	1 249,3	(42/43)
1957	197,0	1 142,4	1 339,4	(43/44)
1947	69,7	995,9	1 065,6	(44/45)
1948	170,9	935,9	1 106,8	(45/46)
1949	219,4	1 210,6	1 430,0	(46/47)
1950	316,4	1 390,2	1 706,6	(47/48)
1951	155,7	1 150,7	1 306,4	(48/49)
1942	180,2	1 181,5	1 361,7	(49/50)
1943	165,3	1 409,9	1 575,2	(50/51)
1944	130,3	1 209,5	1 339,7	(51/52)
1945	124,3	913,0	1 037,3	(52/53)
1946	220,1	1 088,0	1 308,1	(53/54)
1938	254,9	905,3	1 160,2	(54/55)
1939	204,6	872,2	1 076,8	(55/56)
1940	532,9	982,5	1 515,4	(56/57)
1941	389,5	977,0	1 362,5	(57/58)

* Dados do Pôsto de Sementes da Secretaria da Agricultura em Pirassununga.

Reunimos na tabela III os pontos mais altos do lençol subterrâneo atingidos em cada estiagem.

Já no primeiro estudo foram reunidas num gráfico a curva do movimento da água no poço e as colunas mensais da chuva para o intervalo de 1942-1949. Sem dúvida, notava-se uma correlação entre a chuva e o movimento do nível subterrâneo.

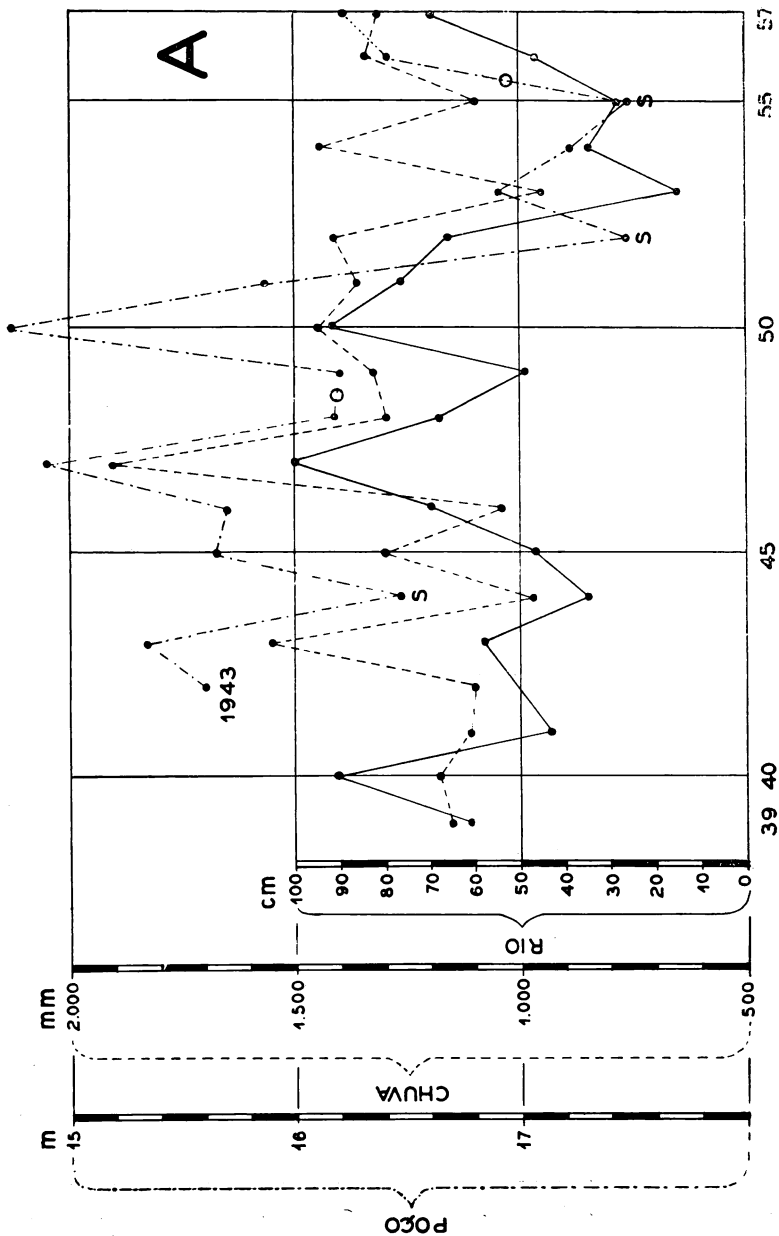


Gráfico A — O nível máximo anual do Poço II, as precipitações anuais na E.E.B.P. e o nível médio anual do Rio Mogi Guassu. A curva do nível máximo anual do Poço é atrasada um ano para compensar a descida da água gravitativa. A altura atingida em 1958 é calculada. Os dois círculos na curva do poço indicam os aprofundamentos. O s significa que o poço ficou seco durante a época tóda.

O mesmo acontece confrontando os dados das chuvas para o período entre 1949-1957 com a oscilação do lençol subterrâneo; apesar disso, esta concordância não é por completo convincente, como se depreende do gráfico A. A pequena diferença provocada pelo uso de uma corda nos primeiros anos da leitura até 1946, quando o efeito se manifestou, queremos deixar de lado. Neste gráfico deslocamos a curva do poço II por um ano à esquerda.

TABELA III

O nível máximo do lençol subterrâneo atingido anualmente no poço II em cada estiagem.

26. VI. 1943	15 m 60 cm
27. V. 1944	15 m 35 cm
— 1945	16 m 48 cm (sêco)
13. IX. 1946	15 m 65 cm
5. VI. 1947	15 m 70 cm
3. V. 1948	14 m 90 cm
19. V. 1949	16 m 17 cm
— aprofundado —	
1. VI. 1950	16 m 20 cm
16. IV. 1951	14 m 74 cm
9. VI. 1952	15 m 87 cm
— 1953	17 m 47 cm (sêco)
22. X. 1954	16 m 90 cm
6. IX. 1955	17 m 22 cm
-- 1956	17 m 47 cm (sêco)
— aprofundado —	
8. VI. 1957	16 m 40 cm

Sabemos que a água das chuvas demora alguns meses, talvez 5-6 até chegar às camadas impermeáveis. Baseado nesta consideração somamos a chuva de modo diferente: Aos 6 meses da época sêca de Abril-Setembro, somamos o total das precipitações da época chuvosa seguinte (Outubro-Dezembro do mesmo ano mais Janeiro-Março do seguinte) e confronta-

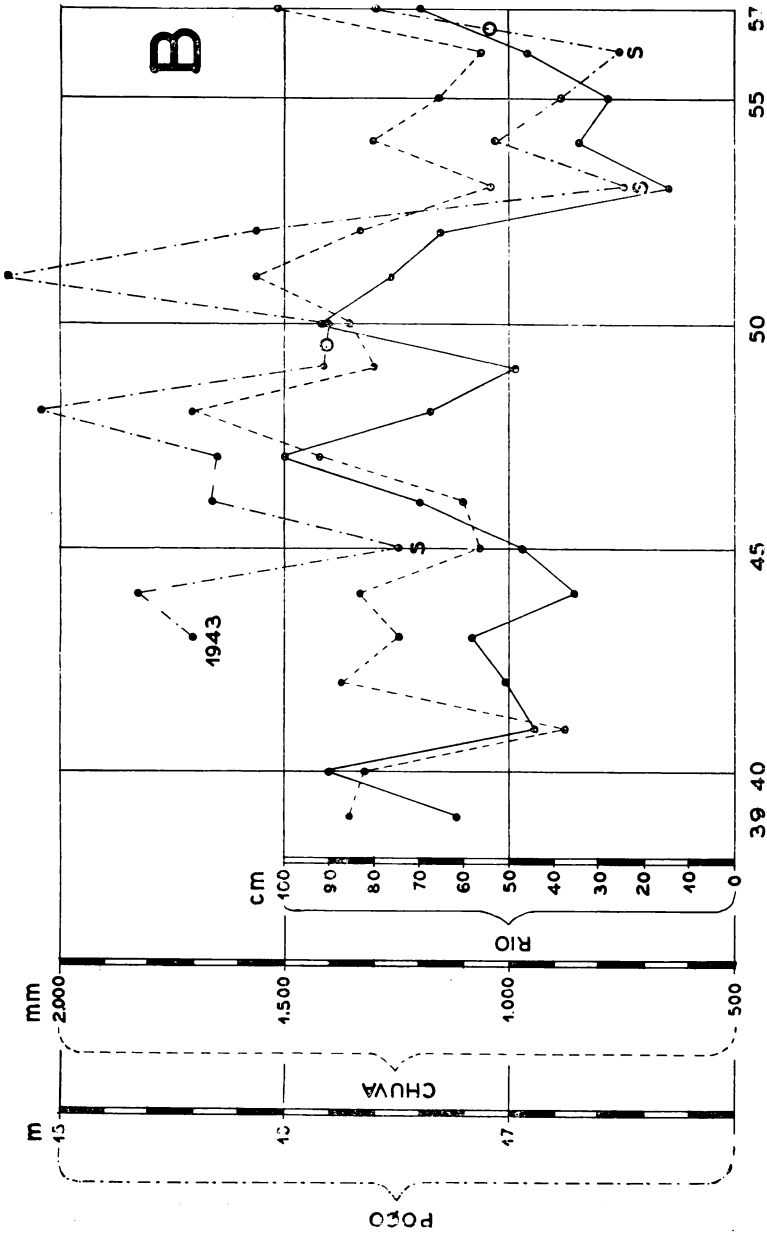


Gráfico B — O nível máximo anual do Poço oII, as precipitações anuais da época seca + da época chuvosa seguinte e o nível médio anual do Rio Mogi Guassu. Os dois círculos na curva do poço indicam os aprofundamentos. O s significa que o poço ficou seco durante a época toda.

mos depois esta soma com o nível máximo atingido pelo poço na época seca seguinte. Aliás não corresponde esta divisão com a dada por Setzer que divide o ano em 4 estações: Verão (Dezembro-Fevereiro), Outono (Março-Maio), Inverno (Junho-Agosto) e Primavera (Setembro-Novembro). Como a água do poço na época seca aumenta e atinge seu máximo em geral entre Maio-Outubro, corresponde o intervalo entre a época mais chuvosa entre Novembro-Fevereiro e o mês com o ponto máximo do lençol subterrâneo a um espaço de 4-6 meses.

Na tabela II reunimos os dados em questão.

Aproveitamos os dados das tabelas II e III para elaborar o gráfico B, no qual estão representados a chuva para o período Abril de um ano a Março do ano seguinte e o nível mais alto do poço na estiagem imediata. Indicados são os dias quando o poço foi aprofundado em 14-16 de Janeiro de 1950 e em Novembro-Dezembro de 1956. Nota-se, assim, uma perfeita e harmoniosa concordância entre as duas chuvas. É interessante que em 1952-1953 a curva do poço vai abaixo da da precipitação. Como se pode explicar este fato?

Pode-se pensar na possibilidade de uma época mais chuvosa antes do início das nossas observações, de maneira que existia água armazenada em maior quantidade e só, esgotada esta reserva, começou o nível do lençol a descer tão acentuadamente, como indica o gráfico em 1952. Como era impossível obter séries completas dos anos anteriores da região de Pirassununga não podemos confirmar esta hipótese; além disso, certas incongruências entre dados pluviométricos de anos recentes e anteriores, apontados por Setzer no seu livro sobre o Clima do Estado de São Paulo (1946), aconselham a máxima prudência em quaisquer conclusões neste sentido.

Ainda duas observações de outros poços da região que confirmam bem nossos dados.

O poço de um Pôsto de Gasolina na cidade de Pirassununga atingiu em Abril de 1951 a quota de 9 m, tendo o mesmo uma profundidade de 16 m. Nunca tinha a água atingido uma altura tão elevada. Concorda este fato com a alta do nosso

poço com 14 m 74 cm e quase 3 m de água (Observação dada gentilmente pelo Biologista Manuel Pereira de Godoy).

TABELA IV

Nível médio anual do Rio Mogi Guassú na Cachoeira de Emas, baseado nas medidas da Usina Hidroelétrica e a chuva anual do Pôsto Meteorológico.

Ano	Nível médio do Rio Mogi Guassu em Emas em cm	Precipitação anual na E. E. S. P. em mm
1938	—	1 302,9*
1939	62	1 150,7*
1940	91	1 182,2
1941	47	1 116,1
1942	51	1 101,4
1943	58	1 551,2
1944	35	970,7
1945	47	1 305,9
1946	71	1 040,8
1947	100	1 913,8
1948	68	1 299,1
1949	49	1 325,2
1950	92	1 448,9
1951	77	1 364,8
1952	66	1 419,2
1953	15	960,8
1954	35	1 445,7
1955	28	1 099,6
1956	47	1 344,8
1957	70	1 315,4

* Dados do Pôsto de Sementes da Secretaria da Agricultura em Pirassununga.

Ao contrário, no dia 9 de Outubro de 1953 secou o poço da Estação da Companhia Paulista em Emas, poço de cêrca de 25 m de profundidade, de maneira que os empregados recebiam água das locomotivas. Também nosso poço ficou sem água naquele ano.

Seria, aliás, fácil juntar outros dados sobre poços da região que somente confirmassem nossas observações.

Não se pode negar também uma nítida relação entre o nível do lençol subterrâneo da água e o nível do rio. Para obter uma concepção mais exata do nível do Rio Mogi Guassú, aproveitamos os dados tirados cedo e à tarde abaixo da Usina Hidroelétrica da Cachoeira de Emas de propriedade da Central Elétrica Rio Claro, elaborando assim as médias mensais e anuais. Possuimos agora dados de quase 20 anos e confrontamo-los com a precipitação anual da tabela IV.

Certamente seria mais interessante e mais exato incluir as chuvas caídas na bacia superior do Rio Mogi Guassú, porque estas e não as do Pôsto de Emas influem sobre o nível na região da Cachoeira. Mas os dados pluviométricos obtidos pelo Serviço de Meteorologia de diversas cidades como Ouro Fino e Pinhal, se mostram infelizmente incompletos, de forma que achamos mais prudente desistir desta tentativa.

O autor agradece a colaboração da Estação Experimental de Biologia e Piscicultura e da Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguai, que facilitou a realização do presente trabalho. Agradece também ao Prof. Mario Guimarães Ferri, Diretor do Departamento de Botânica da Faculdade de Filosofia em São Paulo, diversas sugestões durante a elaboração deste trabalho e à Da. Jandira Schubart o auxílio na tiragem das medidas mensais, bem como ao Sr. João Aggio Neto, pela confecção dos gráficos.

Resumo

- 1) O nível máximo do lençol da água subterrânea no campo cerrado de Emas ocorre na época seca e é determinado pela quantidade da chuva caída na época seca e na época chuvosa anterior, não encontrando um paralelo satisfatório quando se consideram as precipitações anuais.
- 2) A água gravitativa leva entre 4-6 meses para atingir o lençol subterrâneo.

- 3) Existe uma nítida relação entre a altura do lençol subterrâneo atingido e o nível médio anual da principal via de deflúvio do Rio Mogi Guassú.

Zusammenfassung

Auf dem Cerrado-Gelände östlich der Estação Experimental de Biologia e Piscicultura im Municip von Pirassununga in 590 m NN gelegen, über dessen floristische Zusammensetzung wir durch die Arbeiten von F. Rawitscher, M. G. Ferri und M. Rachid bestens unterrichtet sind, wurden zwischen 1943 und 1955 3 Brunnen gebohrt von denen 2 seit dieser Zeit in monatlicher Beobachtung sind. Beide Brunnen, durch ein Schutzdach und einen verschliessbaren Deckel geschützt, liegen etwa 50 m voneinander entfernt, auf dem höchsten Teile des Cerrado.

Bereits 1950 publizierten wir zusammen mit Rawitscher über die Bewegung des Grundwasser-Spiegels. Schon damals zeigte sich eine Beziehung zwischen dem Regen des Vorjahres und dem Stande des Grundwassers im folgenden Jahre.

Über die Niederschläge liegen jetzt Beobachtungen über einen Zeitraum von 18 Jahren vor, die eine mittlere jährliche Niederschlags-Menge von 1289, 2 mm ergeben. Die monatliche Verteilung der Niederschläge ergibt sich aus Tab. I, die jährliche Schwankung aus Tab. IV.

Es wurde nun die folgenden 8 Jahre monatlich der Stand der Grundwassers abgelesen und es ergab sich wiederum ein nur annähernd paralleler, nicht völlig befriedigender Verlauf der Kurve der jährlichen Niederschläge (Tab. IV) mit der des jährlichen Höchststandes des Grundwassers (Tab. III), die um 1 Jahr zurückverlegt ist (Fig. A).

Wenn man aber anstelle der jährlichen Regenmenge die Summe der Niederschläge einsetzt, die in der Trockenzeit (April bis September) und in der folgenden Regenzeit (Oktober bis Dezember sowie Januar bis März) fallen (Tab. II), dann erhält man eine ganz bedeutend bessere und überzeugende Parallele (Fig. B).

Es zeigt sich ferner eine deutliche Beziehung zwischen dem Spiegel des Grundwassers, ausgedrückt durch den jeweils höchsten jährlichen Wasserstand des Brunnens (Tab. III) und den mittleren jährlichen Wasserstand des Mogi Guassu -Flusses (Tab. IV), der in 1 km Entfernung in einem etwa 20 m tiefer gelegenen Bett gegen W fließt.

In der ersten graphischen Darstellung (Fig. A) haben wir ausser den Kurven für die jährlichen Niederschläge und die jährlichen Höchststände des Grundwassers auch noch die Kurve des mittleren jährlichen Wasserstandes des Mogi Guassu-Flusses in Cachoeira de Emas eingezeichnet. Es zeigt sich von neuem eine deutliche Wechselbeziehung: einem starken Absinken des Grundwassers im Jahre 1945 ging ein sehr niedriger mittlerer Wasserstand des Flusses in 1944 voraus und die niedrigen Werte in den Jahren 1953 bis 1956 sind bei diesen beiden Kurven ebenfalls bestens dokumentiert. Es sei darauf aufmerksam gemacht, dass die Kurven der Niederschläge nicht miteinander identisch sind, denn in Fig. A ist der jährliche Niederschlag, in Fig. B der Niederschlag der Trockenzeit und der folgenden Regenzeit benutzt.

Der bereits 1950 ermittelte Zeitraum von 4-6 Monaten, den das im Boden befindliche gravitative Wasser gebraucht um bis zum Grundwasser-Spiegel herabzusickern, wurde vollauf bestätigt.