

<b>Deutsche Demokratische Republik</b>	Hydrogeologie PUMPVERSUCHE geohydraulische Auswertung - zusätzliche Speisung	<b>TGL</b> 23 864 Blatt 6 Gruppe 973 213
	Гидрогеология ОПЫТНЫЕ ОТКАЧКИ Гидродинамическая обработка - дополнительное питание	Hydrogeology PUMPING TESTS geohydraulic evaluation - additional groundwater-recharge
Verbindlich ab 1. 1. 1973		
<p>Dieser Standard gilt für die Auswertung von Pumpversuchen mit konstanter Förderleistung, bei denen durch die Grundwasserabsenkung eine zusätzliche Speisung des flächenhaft unbegrenzten Grundwasserleiters verursacht wird.</p>		
Inhaltsverzeichnis		
		Seite
1.	Pumpversuch in gespanntem Grundwasser	2
1.1.	Undichter Grundwasserleiter	2
1.1.1.	Auswertung des zeitlichen Absenkungsverlaufes	2
1.1.2.	Auswertung des räumlichen Absenkungstrichters	4
1.1.2.1.	Anwendung der typischen Kurve	4
1.1.2.2.	Anwendung der Ausgleichsgeraden	6
1.2.	Zeitlich konstante Speisung	8
2.	Pumpversuch in ungespanntem Grundwasser	10
3.	Verzeichnis der verwendeten Symbole	11
Fortsetzung Seite 2 bis 12		
<p>Verantwortlich: VEB Hydrogeologie, Nordhausen Bestätigt: 25.9.1972                      Staatssekretariat für Geologie, Berlin</p>		

1. Pumpversuch in gespanntem Grundwasser

1.1. Undichter Grundwasserleiter

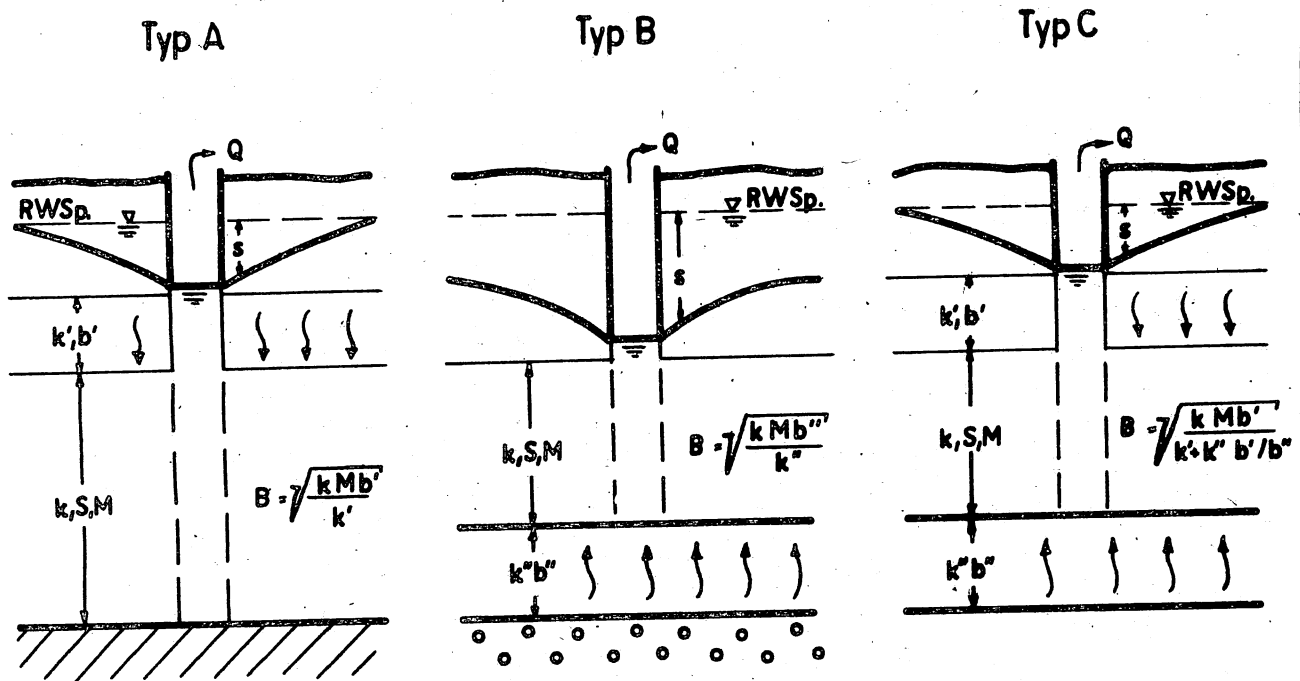


Bild 1 Pumpversuchsschema

Voraussetzungen

- Durchlässigkeit der halbdurchlässigen Schicht  $k'$  ist klein gegenüber der Durchlässigkeit des Hauptgrundwasserleiters  $k$  ( $k \geq 50 k'$ ). Damit ist Annahme einer vertikalen Wasserbewegung in dieser Schicht möglich.
- Die durch Druckentlastung im Hauptgrundwasserleiter induzierte zusätzliche Speisung ist der Absenkung  $s$  direkt proportional.
- Die Speisungsrate  $v_s$  wird durch den Speisungsfaktor  $B$  charakterisiert ( $v_s/T = s/B^2$ ).

1.1.1. Auswertung des zeitlichen Absenkungsverlaufes

Der Einfluß der zusätzlichen Speisung auf den zeitlichen Verlauf des Absenkungsvorganges kann vernachlässigt werden, so-

fern

$$t < \frac{a r B}{8} \quad (1)$$

oder für  $r < 0,1 B$

$$t < \frac{a B^2}{20} \quad (2)$$

Unter diesen Bedingungen ist die Auswertung nach TGL 23 864 Blatt 4, Abschnitt 1.1. durchzuführen.

#### Zusätzliche Bemerkungen

Das o. g. Verfahren ist mit Einschränkungen auch außerhalb des Gültigkeitsbereiches der Ungleichungen (1) bzw. (2) anwendbar. Die Ermittlung des Speicherkoeffizienten  $S$  ist allerdings dann nicht zulässig. Bei der Berechnung der Transmissibilität  $T$  aus den Meßwerten mehrerer Grundwassermeßstellen wird sich im allgemeinen eine steigende Tendenz von  $T$  mit wachsendem  $r$  zeigen. Der maßgebende Wert von  $T$  ist durch Auftragung von  $T$  über  $r$  und graphische Extrapolation nach  $r = 0$  zu bestimmen (siehe Bild 2).

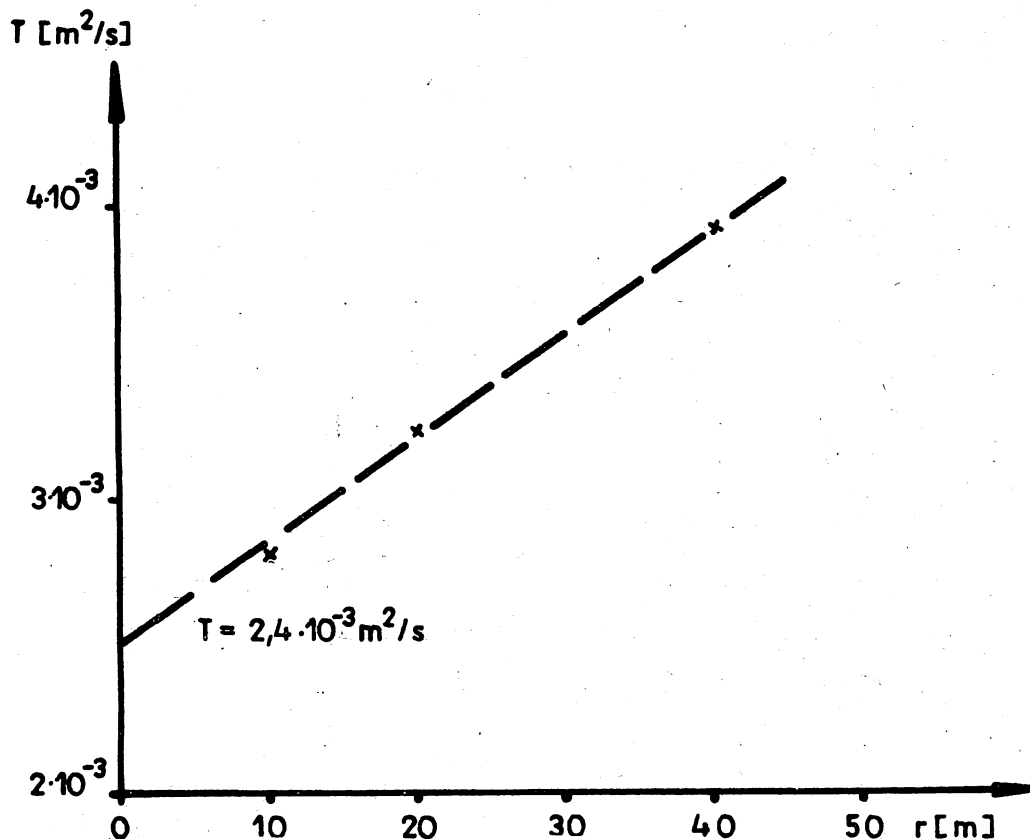


Bild 2 Ermittlung des maßgebenden T-Wertes

## 1.1.2. Auswertung des räumlichen Absenkungstrichters

## 1.1.2.1. Anwendung der typischen Kurve

Absenkungsgleichung:

$$s = \frac{Q}{2 \pi T} K_0(r/B) \quad (3)$$

Gültigkeitsbereich:

- stationärer Strömungszustand
- im gesamten Strömungsfeld anwendbar, sofern dieses als rotationssymmetrisch angenommen werden kann.

Auswertungsschema (siehe Bild 3):

- a) Auftragung der Funktion  $K_0(x)$  über  $x$  als typische Kurve auf doppelt-logarithmisches Papier (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1 Funktionswerte für  $y = K_0(x)$ 

$K_0$  - modifizierte Besselsche Funktion nullter Ordnung,  
2. Art

x	$K_0(x)$	x	$K_0(x)$	x	$K_0(x)$
0,0	$\infty$	0,1	2,427	1,0	0,421
0,01	4,721	0,2	1,753	1,5	0,214
0,02	4,028	0,3	1,373	2,0	0,114
0,03	3,624	0,4	1,115	2,5	0,0624
0,04	3,336	0,5	0,924	3,0	0,0347
0,05	3,114	0,6	0,778	3,5	0,0196
0,06	2,933	0,7	0,661	4,0	0,0112
0,07	2,780	0,8	0,565	4,5	0,0064
0,08	2,648	0,9	0,487	5,0	0,00369
0,09	2,531				

- b) Auftragung der aus den Pumpversuchsdaten errechneten Absenkungsbeträge  $s$  über dem Abstand  $r$  vom Förderbrunnen im gleichen Maßstab auf einem zweiten Blatt Transparentpapier.
- c) Aufeinanderlegen und achsenparalleles Verschieben der beiden Blätter, bis die Beobachtungswerte durch einen geeigneten Abschnitt der typischen Kurve bestmöglich approximiert werden (Bild 3).
- d) Auswahl eines beliebigen Punktes im Überlappungsbereich der beiden Blätter, der nicht auf der Absenkungskurve zu liegen braucht. Die Koordinaten dieses Punktes werden in beiden Koordinatensystemen bestimmt ( $r_0, s_0$  bzw.  $x_0, y_0$ ).
- e) Berechnung der Transmissibilität  $T$  nach der Gleichung

$$T = \frac{Q}{2\pi} \cdot \frac{y_0}{s_0} \quad (4)$$

Der Durchlässigkeitsbeiwert  $k$  ergibt sich daraus

$$k = \frac{T}{M} \quad (5)$$

- f) Für den Speisungsfaktor gilt

$$B = \frac{r_0}{x_0} \quad (6)$$

#### Zusätzliche Bemerkungen

- Der Vergleichspunkt ist so zu wählen, daß er sich im Koordinatensystem bequem fixieren läßt (z. B.  $x_0 = 0,1$ ;  $y_0 = 1$ ).
- Der im Versuchsbrunnen gemessene Absenkungsbetrag kann in die Auswertung einbezogen werden, sofern er sich in die allgemeine Tendenz einordnet.  
Davon abweichende Brunnenabsenkungen sind möglich und deuten darauf hin, daß der angesetzte Brunnenradius nicht dem

hydraulisch wirksamen (effektiven) Brunnenradius entspricht und/oder im brunnennahen Bereich stärkere Abweichungen von der horizontalen Anströmung auftreten.

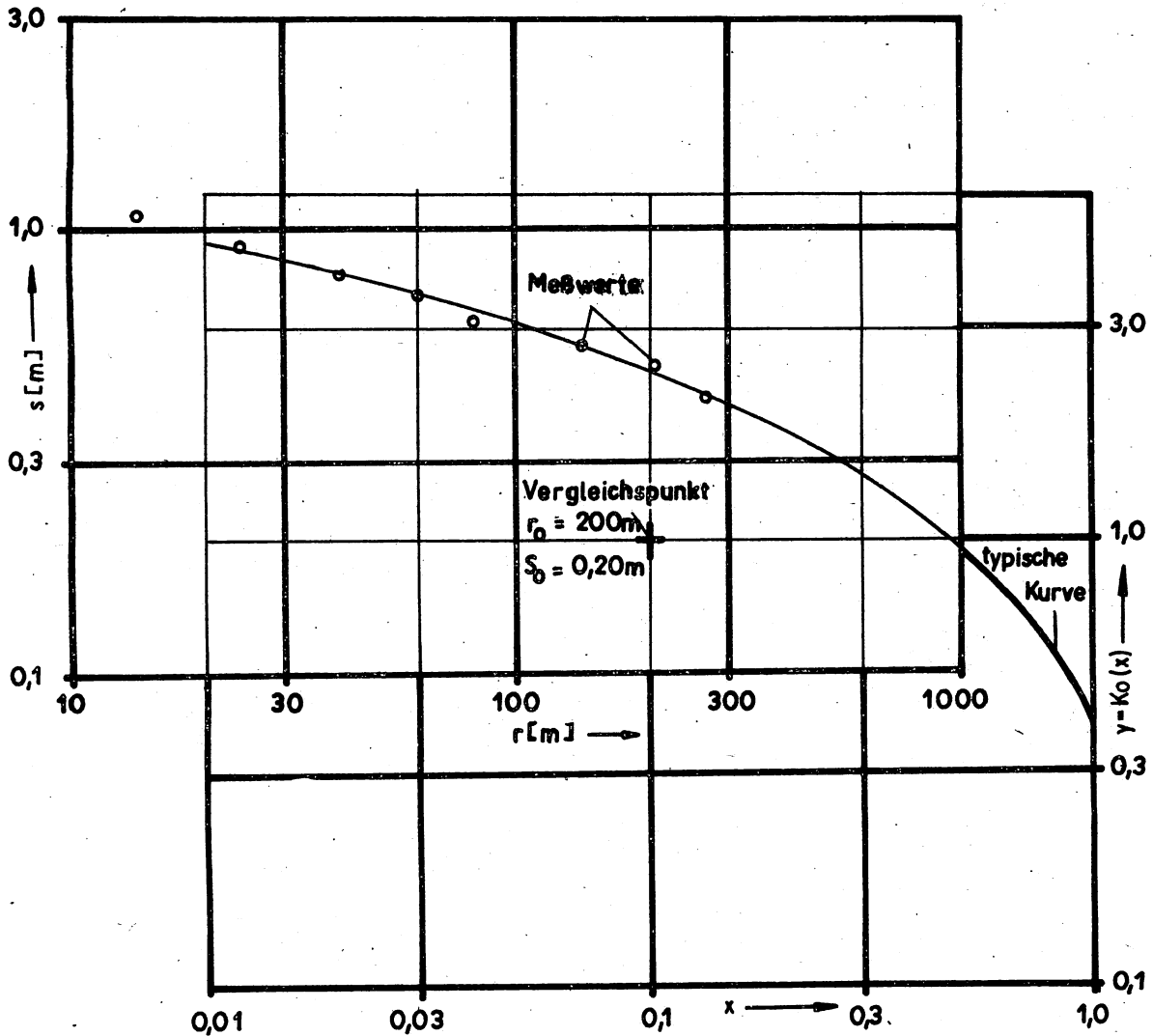


Bild 3 Auswertung nach typischer Kurve

1.1.2.2. Anwendung der Ausgleichsgeraden

Absenkungsgleichung:

$$s = \frac{0,366 \cdot Q}{T} \lg (1,12 B/r) \quad (7)$$

Gültigkeitsbedingungen:

- stationärer Strömungszustand

- brunnennaher Bereich:

$$r < 0,03 B \quad (8)$$

Auswertungsschema (siehe TGL 23 864 Blatt 4, Abschnitt 1.2.):

- a) Auftragung der Absenkung  $s$  als Ordinate zur Abszisse  $\lg r$  auf halblogarithmisches Papier.
- b) Konstruktion einer Ausgleichsgeraden nach Augenmaß durch die so erhaltenen Punkte.
- c) Ermittlung des Richtungskoeffizienten  $\alpha_r$  der Ausgleichsgeraden als Ordinatendifferenz über eine Dekade der Abszisse:

$$\alpha_r = s(r) - s(10r) \quad (9)$$

oder aus den Koordinaten zweier beliebiger Punkte der Geraden nach der Gleichung

$$\alpha_r = \frac{s_1 - s_2}{\lg(r_2/r_1)} \quad (10)$$

- d) Berechnung der Transmissibilität  $T$  nach der Gleichung

$$T = \frac{0,366 Q}{\alpha_r} \quad (11)$$

Der Durchlässigkeitsbeiwert  $k$  ergibt sich daraus nach Gleichung (5).

- e) Ermittlung des Speisungsfaktors  $B$ , indem die Ausgleichsgerade mit der Achse  $s = 0$  zum Schnitt gebracht und der so erhaltene Wert  $r_0$  in die Gleichung

$$B = \frac{r_0}{1,12} \quad (12)$$

eingesetzt wird, oder mit Hilfe der Koordinaten  $(r_1, s_1)$  eines beliebigen Punktes auf der Ausgleichsgeraden nach der Formel

$$B = \frac{r_1 \cdot 10^{(s_1/\alpha_T)}}{1,12} \quad (13)$$

Der Parameter B hat die Dimension einer Länge.

#### Zusätzliche Bemerkungen

Für die Einbeziehung der im Förderbrunnen gemessenen Absenkung in die Auswertung siehe zusätzliche Bemerkungen im Abschnitt 1.1.2.1.

#### 1.2. Zeitlich konstante Speisung

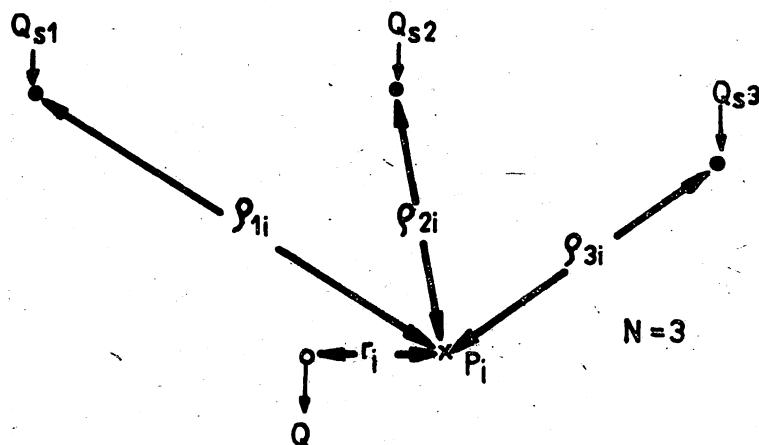


Bild 4 Pumpversuchsschema

#### Voraussetzungen

- Die durch die Druckentlastung im Hauptgrundwasserleiter induzierte zusätzliche Speisung kann als zeitlich konstant betrachtet werden.
- Die lokal konzentrierten Einspeisungen  $Q_{s1}$ ,  $Q_{s2}$ , ...  $Q_{sN}$  erfolgen soweit außerhalb des Bereiches, in dem die zur Auswertung des Pumpversuches herangezogenen Grundwassermeßstellen liegen, daß Bedingung (17) erfüllt ist.



Absenkungsgleichung:

$$s = C - \frac{0,366 Q}{T} \lg r + \frac{0,183 (Q - Q_s)}{T} \lg t \quad (14)$$

mit

$$C = \text{const.}, \quad Q_s = \sum_{k=1}^N Q_{sk} \quad (15)$$

Gültigkeitsbedingungen:

$$t \geq 3,8 \text{ a } \vartheta^2_{\text{max}} \quad (16)$$

$$\left/ \sum_{k=1}^N Q_{sk} \lg (\vartheta_{ki} / \vartheta_{kj}) \right/ < 0,05 \left/ Q \lg (r_i / r_j) \right/ \quad (17)$$

Auswertungsschema:

- a) Auftragung der gemessenen Absenkungsbeträge nach den in TGL 23 864 Blatt 4, Abschnitte 1.1. und 1.2.1. angegebenen Verfahren. Unter den o. g. Voraussetzungen ergibt sich dabei

$$2 \alpha_t < \alpha_r \quad (18)$$

(Bei dem in TGL 23 864 Blatt 4 zugrunde gelegten Pumpversuchsschema steht hier das Gleichheitszeichen.)

- b) Berechnung der zusätzlichen Speisung  $Q_s$  nach der Gleichung

$$Q_s = Q \left( 1 - \frac{2 \alpha_t}{\alpha_r} \right) \quad (19)$$

- c) Berechnung der Transmissibilität  $T$  nach TGL 23 864 Blatt 4, Gleichung (12) mit der tatsächlichen Förderleistung  $Q$  bzw. nach Gleichung (5) mit der reduzierten Förderleistung  $Q' = Q - Q_s$ .

Zusätzliche Bemerkungen

- Die Gültigkeit der Bedingungen (16) und (17) läßt sich im konkreten Fall direkt nur nachprüfen, wenn die Lage der Ein-



## 3. Verzeichnis der verwendeten Symbole

a	$[s \cdot m^{-2}]$	geohydraulische Zeitkonstante, $a = \frac{S}{T}$
B	$[m]$	Speisungsfaktor (leakage-factor)
h	$[m]$	Standrohrspiegelhöhe
H	$[m]$	unbeeinflusste Grundwassermächtigkeit
k	$[m \cdot s^{-1}]$	Durchlässigkeitsbeiwert
$K_0$	$[-]$	modifizierte Besselfunktion nullter Ordnung, 2. Art
M	$[m]$	Mächtigkeit des Grundwasserleiters
Q	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Förderleistung des Brunnens
$Q_s, Q_{sk}$	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Einspeisung pro Zeiteinheit
r	$[m]$	Abstand eines Punktes von der Brunnenachse (Zylinderkoordinaten)
$r_i, r_j$	$[m]$	Abstände der Meßpunkte $P_i, P_j$ vom Versuchsbrunnen
$r_B$	$[m]$	Radius der Brunnenbohrung
s	$[m]$	Grundwasserabsenkung
$s_r$	$[m]$	reduzierte Grundwasserabsenkung
S	$[-]$	Speicherkoefizient des Grundwasserleiters
t	$[s]$	Zeit
T	$[m^2 \cdot s^{-1}]$	Profildurchlässigkeit (Transmissibilität)
$\alpha_r$	$[m]$	Richtungskoeffizient - räumlicher Absenkungstrichter
$\alpha_t$	$[m]$	Richtungskoeffizient - zeitlicher Absenkungsverlauf
$\rho_{ki}$	$[m]$	Abstand des Einspeisungspunktes k vom Meßpunkt $P_i$

## Hinweise

TGL 23 864	Hydrogeologie; Pumpversuche
Blatt 1	Vorbereitung, Aufbau und Kontrolle der Versuchsanlage
Blatt 2	Durchführung, Felddokumentation, Qualitätsbewertung
Blatt 4	geohydraulische Auswertung - konstante Förderleistung
Blatt 5	geohydraulische Auswertung - variable Förderleistung
WAPRO 1.42	Bemessungsgrundlagen für Brunnen von Grundwassergewinnungsanlagen (Werkstandard VEB Projektierung Wasserwirtschaft)

Folgende Standards werden noch erarbeitet:

### Hydrogeologie; Pumpversuche

- Auswahl des Berechnungsschemas
- geohydraulische Auswertung - äußere Randbedingungen
- geohydraulische Auswertung - unvollkommener Brunnen
- geohydraulische Auswertung - Sonderfälle