05.00. Grundwasserhydraulik 05.03. Analoge Verfahren	05.03.

Tabelle 05.03./1: Analogiebeziehungen zwischen der Grundwasserbewegung und dem elektrischen Stromfluß in elektrischen Leitern mit reinem Wirkwiderstand (BUSCH/LUCKNER, 1973)

Zeile		Grundwasserbewegung (O)	elektrischer Stromfluß (E)
1.1.	Gesetze von der Erhaltung der Energie (Grundgleichung)	$Q = -\frac{\Delta h}{R^0}$ in $m^3\,s^{-1}$ *Darcy*-Gesetz	$I = -\frac{\Delta U}{R^E}$ in A *Ohm*sches Gesetz
1.2.		mit $R^0 = \frac{1}{k}\frac{\Delta s^0}{\Delta A^0}$ in $s\,m^{-2}$	mit $R^E = \frac{1}{\sigma}\frac{\Delta s^E}{\Delta A^E}$ in Ω
1.3.		$Q^0 R^0 mg$ in $kg\,m^2\,s^{-2}$ $= \Delta h\, mg$ in $kg\,m^2\,s^{-2}$	$IR^E Q^E$ in $A\Omega C = \Delta U Q^E$ in VC mit 1 VC = 1 AΩC = 1 VAs = 1 $kg\,m^2\,s^{-2}$
1.4.		$\mathfrak{v} = -k\frac{\partial h}{\partial \mathfrak{r}^0}$ (räumliche Grundwasserströmung)	$j = -\sigma\frac{\partial U}{\partial \mathfrak{r}^E}$
1.5.		$q^b = -(kb)\frac{\partial h}{\partial \mathfrak{r}^0}$ (vertikal-ebene Grundwasserströmung)	$(jd^E) = -(\sigma d^E)\frac{\partial U}{\partial \mathfrak{r}^E}$ mit $(\sigma d^E) = \frac{1}{Rq}$
1.6.		$q^t = -k_t\frac{\partial \Phi}{\partial \mathfrak{r}^0}$	
1.7.		bzw. $q^t = -T\frac{\partial h}{\partial \mathfrak{r}^0}$ (horizontal-ebene Grundwasserströmung)	
2.1.	Gesetze von der Erhaltung der Materie (Feldgleichung) – im Inneren des Feldes	$\sum Q^0 = 0$ in $m^3\,s^{-1}$	$\sum I = 0$ in A *Kirchhoff*sches Gesetz
2.2.		$\Delta(v_x \Delta A^0_{\perp x}) + \Delta(v_y \Delta A^0_{\perp y})$ $+ \Delta(v_z \Delta A^0_{\perp z}) = -S_0 \Delta V \frac{\partial h}{\partial t^0}$	$\Delta(j_x \Delta A^E_{\perp x}) + \Delta(j_y \Delta A^E_{\perp y})$ $+ \Delta(j_z^E \Delta A^E_{\perp z}) = 0$
2.3.		$\frac{\partial v_x}{\partial x^0} + \frac{\partial v_y}{\partial y^0} + \frac{\partial v_z}{\partial z^0} = -S_0\frac{\partial h}{\partial t^0}$ (räumliche Grundwasserströmung)	$\frac{\partial j_x}{\partial x^E} + \frac{\partial j_y}{\partial y^E} + \frac{\partial j_z}{\partial z^E} = 0$
2.4.		$\frac{\partial q^b_y}{\partial y^0} + \frac{\partial q^b_z}{\partial z^0} = -(S_0 b)\frac{\partial h}{\partial t^0}$ (vertikal-ebene Grundwasserströmung)	$\frac{\partial (j_y d^E)}{\partial y^E} + \frac{\partial (j_z d^E)}{\partial z^E} = 0$
2.5.a 2.5.b		$\frac{\partial q^t_x}{\partial x} + \frac{\partial q^t_y}{\partial y} = -S\frac{\partial h}{\partial t^0} + v_N$	$\frac{\partial (j_x d^E)}{\partial x^E} + \frac{\partial (j_y d^E)}{\partial y^E} = 0$
2.6.	Gesetze von der Erhaltung der Materie (Feldgleichung) – an der freien Oberfläche	$v_z - v_x\frac{\partial z^0_R}{\partial x^0} - v_y\frac{\partial z^0_R}{\partial y} = n_e\frac{\partial z_R}{\partial t^0} - v_N$ (räumliche Grundwasserströmung)	ohne Entsprechung
2.7.		$v_z - v_y\frac{\partial z^0_R}{\partial y^0} = n_0\frac{\partial z_R}{\partial t^0} - v_N$ (vertikal-ebene Grundwasserströmung)	

<u>Tabelle 05.03./2:</u> Maßstabsbeziehungen zwischen der Grundwasserbewegung und dem elektrischen Stromfluß (BUSCH/LUCKNER, 1973)

Maßstäbe	der Geometrie	der Potentiale	der Abflüsse
① Räumliche GW-Strömung	$r^o = \lambda r^E$ $x^o = \lambda x^E$ $y^o = \lambda y^E$ $z^o = \lambda z^E$ $z_R^o = \lambda z_R^E$	$\frac{h - h_{min}}{h_{max} - h_{min}} = \frac{U - U_{min}}{U_{max} - U_{min}}$	$v = \frac{k}{\sigma} \frac{h_{max} - h_{min}}{U_{max} - U_{min}} \frac{j}{\lambda}$ $Q = \frac{k}{\sigma} \frac{h_{max} - h_{min}}{U_{max} - U_{min}} \lambda I$
② Vertikalebene und rotationssymmetrische ($d^o = 2\pi r^o$) GW-Strömung	$r^o = \lambda r^E$ $y^o = \lambda y^E$ $z^o = \lambda z^E$ $z_o^R = \lambda z_R$ x^o ist unähnlich x^E; diesbezügliche Maßstabsbetrachtungen sind gegenstandslos	$\frac{h - h_{min}}{h_{max} - h_{min}} = \frac{U - U_{min}}{U_{max} - U_{min}}$	$q^h = \frac{(kd^o)}{(\sigma d^E)} \frac{h_{max} - h_{min}}{U_{max} - U_{min}} \frac{(jd^E)}{\lambda}$ $Q = \frac{(kd^o)}{(\sigma d^E)} \frac{h_{max} - h_{min}}{U_{max} - U_{min}} I$ mit $\frac{1}{(\sigma d^E)} = R_q$
③ Horizontalebene GW-Strömung	$r^o = \lambda r^E$ $x^o = \lambda x^E$ $y^o = \lambda y^E$ z^o unähnlich z^E; alle diesbezüglichen Maßstabsbetrachtungen sind gegenstandslos	$\frac{\Phi - \Phi_{min}}{\Phi_{max} - \Phi_{min}} = \frac{U - U_{min}}{U_{max} - U_{min}}$ bzw. $\frac{h - h_{min}}{h_{max} - h_{min}} = \frac{U - U_{min}}{U_{max} - U_{min}}$	$q^z = \frac{k}{(\sigma d^E)} \frac{\Phi_{max} - \Phi_{min}}{U_{max} - U_{min}} \frac{(jd^E)}{\lambda}$ $Q = \frac{k}{(\sigma d^E)} \frac{\Phi_{max} - \Phi_{min}}{U_{max} - U_{min}} I$ $q^z = \frac{T}{(\sigma d^E)} \frac{h_{max} - h_{min}}{U_{max} - U_{min}} \frac{(jd^E)}{\lambda}$ $Q = \frac{T}{(\sigma d^E)} \frac{h_{max} - h_{min}}{U_{max} - U_{min}} I$ mit $(\sigma d^E)^{-1} = Rq$

Tabelle 05.03./3: Einander entsprechende Größen der Grundwasserbewegung und des elektrischen Stromflusses (BUSCH/LUCKNER, 1973)

Zeile		Grundwasserbewegung (C)				elektrischer Stromfluß (E)
	② vertikal-eben	gegenüber ① ändern sich Zeile 1.2, 1.3 und 1.5				
2.1		Spezifische hydraulische Leitfähigkeit	in $m^2 s^{-1}$	$(kd^0) \triangleq (\sigma d^E)$	in Ω^{-1}	Quadratleitfähigkeit
2.2		Spezifischer Volumenstrom	in $m^2 s^{-1}$	$q^b \triangleq (j\, d^E)$	in $A\, m^{-1}$	Spezifischer elektrischer Stromfluß
2.3		x^0 entspricht nicht x^E (bzw. d^E)				
	② horizontal-eben	gegenüber ① ändern sich 1.1, 1.2, 1.3 und 1.7				
3.1		Differenz des *Girinskij*-Potentiales	in m^2	$d\Phi \triangleq dU$	in V	Differenz der Spannung gegen Erde
3.2.		Mittlerer Durchlässigkeitskoeffizient	in $m\, s^{-1}$	$\bar{k} \triangleq (\sigma\, d^E)$	in Ω^{-1}	Quadratleitfähigkeit
		bzw. unter Zugrundelegung der *Dupuit*-Annahmen		$dh = dz_R{}^0 \triangleq dU$		
3.4		Profildurchlässigkeit	in $m^2 s^{-1}$	$T \triangleq (\sigma d^E)$	in Ω^{-1}	Quadratleitfähigkeit
3.5		Spezifischer Volumenstrom (in beiden Fällen)	in $m^2 s^{-1}$	$q^z \triangleq (jd^E)$	in $A\, m^{-1}$	Spezifischer elektrischer Stromfluß
3.6		z^0 entspricht nicht z^E (bzw. d^E)				

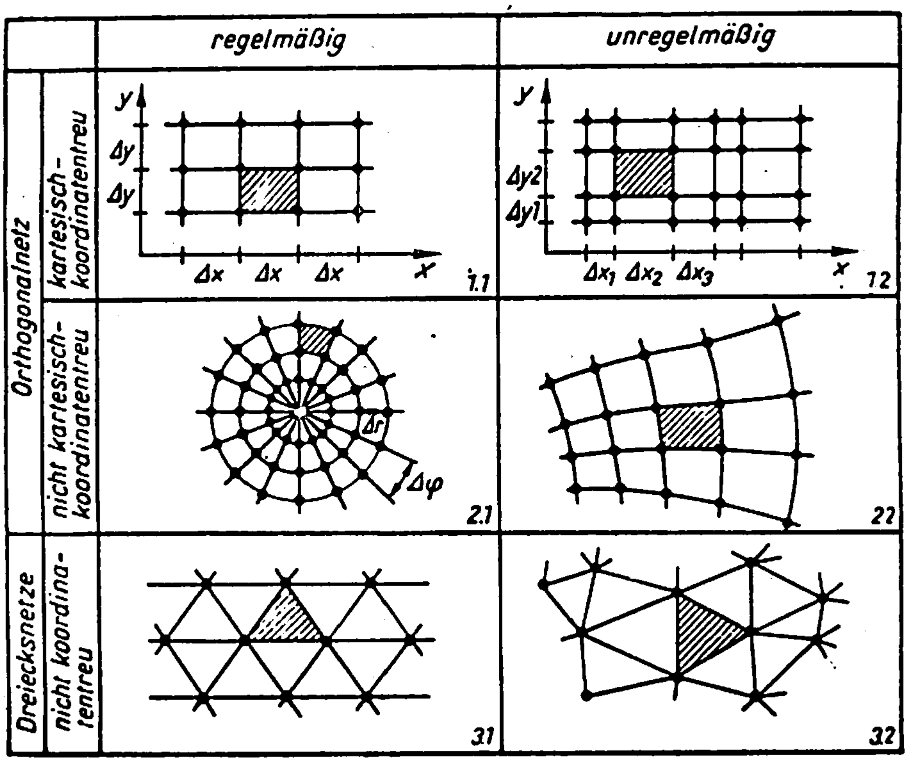

Bild 05.03./1: Rechteck- und Dreiecknetzformen (LUCKNER/SCHESTAKOW, 1975)