

Grundlagen der Hydrologie

1. Einzugsgebiete und Wasserbilanz¹

Übung im WiSe 2022/23 - TU Bergakademie Freiberg

Ziele der Übung sind Klarheit bei der Beantwortung folgender Fragen:

- Was ist ein Einzugsgebiet? Welches Konzept steckt dahinter? Wie weise ich es aus?
- Wie kann der Abfluss eines Einzugsgebiets gemessen werden? Wie kann ich Pegelstände in Durchflüsse umrechnen?
- Was versteht man unter Wasserbilanz? Wie kann ich sie berechnen? Welche Annahmen und welche Möglichkeiten ergeben sich damit?
- Anwendung der Wasserbilanz an Beispielen.

Zu diesem Aufgabenblatt gibt es ein Jupyter Notebook unter https://github.com/cojacoo/hydro_tutorial/blob/master/Tutorial_1_Gauges_Discharge.ipynb²

¹ Begleitend zur Vorlesung **Grundlagen der Hydrologie** von Jun.Prof. Dr. Conrad Jackisch, Rückfragen in der Vorlesung oder per eMail conrad.jackisch@tbt.tu-freiberg.de

² Jupyter ist eine sehr einfache und gleichzeitig sehr mächtige Umgebung zur Benutzung der Programmiersprache Python. Es kann via Anaconda sehr leicht auf jedem Rechner installiert werden: <https://www.anaconda.com/>

Aufgabe 1.1: Definition Einzugsgebiet

1. Was versteht man in der Hydrologie unter einem Einzugsgebiet?
2. Wofür wird das Konzept überwiegend verwendet?
3. Welche Annahmen stecken hinter der Festlegung eines Einzugsgebietes?

Zur Unterstützung ist Abb. 1 gegeben.

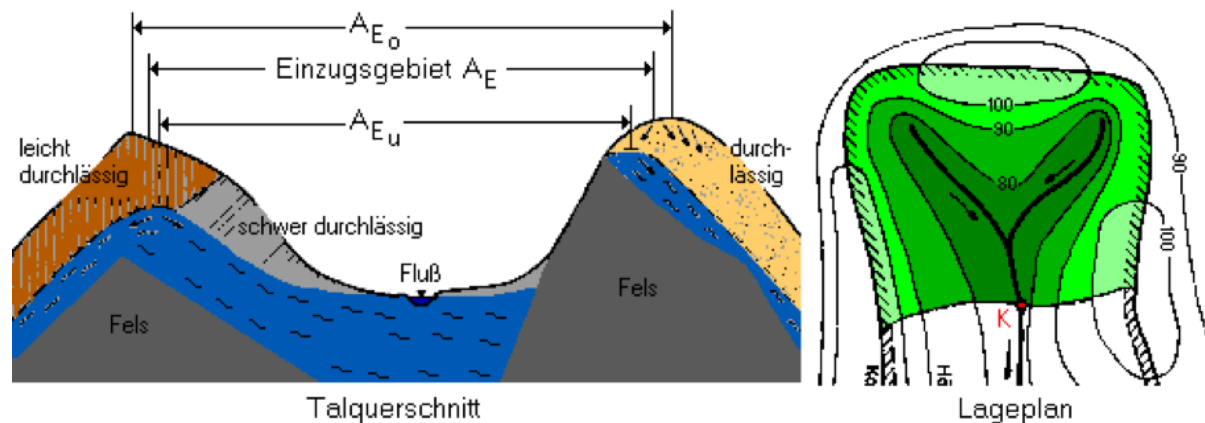


Figure 1: Schröder, W., Euler, G., Schneider, K. & Knauf, D. (1994): Grundlagen des Wasserbaus. – 3. Aufl., Werner, Düsseldorf in www.hydroskript.de

Aufgabe 1.2: Ausweisung von Einzugsgebieten und Bestimmung deren Größe

Nach einem verheerenden Hochwasser 2011 an der Aart in Luxemburg sollen die Ursachen und mögliche Vermeidungsmaßnahmen

untersucht werden. Dazu soll nun das Beobachtungsnetzwerk mit verschiedenen Pegeln analysiert werden.

1. Sie bekommen eine topographische Karte sowie die Lage der Pegel (lila Dreiecke, Spitze weist auf die Pegelposition). Wählen Sie sich 2 Pegel und weisen Sie die jeweiligen Einzugsgebiete aus.
2. Bestimmen Sie die Größe der Einzugsgebiete.

Aufgabe 1.3: Wasserstand-Abfluss Beziehung

Am Pegel "Becherbach" (Osterzgebirge) wurden über vier Jahre etliche Abflussmessungen durchgeführt, um die Wasserstand (H) – Abfluss (Q) Beziehung für den Pegel zu erstellen. In Tabelle 1 sind die Daten gegeben.

1. Erstellen Sie die HQ-Beziehung für den Becherbach.
 - (a) Um eine lineare Regression zu ermöglichen, transformieren Sie die Durchflüsse mit $\sqrt[3]{Q}$. Der natürliche Logarithmus ist auch eine sinnvolle Wahl. Zeichnen Sie damit ein zweites Diagramm.
 - (b) Zeichnen Sie die Punkte in ein Koordinatensystem mit Wasserstand (Pegel) auf der x-Achse und transformiertem Durchfluss auf der y-Achse.
 - (c) Zeichnen Sie die lineare Regressionsgerade in Ihr Diagramm und leiten Sie a und b für die lineare Funktion $Q_{\text{transformiert}} = a * h + b$ aus Ihrer Graphik ab.
 - (d) Bestimmen Sie die Funktion der Wasserstand-Abfluss Beziehung für den Becherbach.
2. Gültigkeit und Fehlerbetrachtung
 - (a) Für welchen Wertebereich gilt die ermittelte Wasserstand-Abfluss Beziehung? Warum?
 - (b) Wie wirken sich Fehler in der (a) Abflussmessung und (b) Abgeleiteten Wasserstand-Abfluss Beziehung aus?
 - (c) Bei welchen Wasserständen sind sie am stärksten? Zeigen Sie dies graphisch.
 - (d) In vielen Fällen handelt es sich um Messstellen an Brücken (statt eines genormten Wehrs mit Überfall). Welche zusätzliche Unsicherheit ergibt sich?

#	Date	$Q \text{ [m}^3 \text{ s}^{-1}\text{]}$	$Q_{\text{transformiert}}$	Gauge [mm]
0	2007-11-02 13 h	0.025000	.....	115
1	2008-01-17 11 h	0.009000	.....	94
3	2008-04-29 19 h	0.062000	.....	132
4	2008-05-08 17 h	0.026000	.....	119
6	2009-05-05 11 h	0.013000	.....	104
7	2009-07-14 13 h	0.037000	.....	124
9	2009-09-24 13 h	0.005000	.....	88
10	2009-11-05 15 h	0.138000	.....	163
13	2010-03-27 14 h	0.539000	.....	240
14	2010-03-29 12 h	0.194000	.....	218
16	2010-10-11 15 h	0.009880	.....	89
17	2010-11-21 13 h	0.010900	.....	98
18	2011-07-22 13 h	0.015583	.....	71
19	2011-09-23 12 h	0.002708	.....	36

Table 1: Abflussmessungen (Salztracer)
am Becherbach



Figure 2: Millimeter Papier für Ihre
Zeichnungen

Aufgabe 1.4: Definition Wasserbilanz

1. Nennen Sie die Wasserbilanzgleichung
2. Erklären Sie deren Eigenschaften.

Aufgabe 1.5: Wasserbilanzen der Attert

Im Bereich der Attert befinden sich zu den Pegeln mehrere meteorologische Stationen. Sie erhalten die Lage der Messstationen sowie die monatlichen Mittelwerte von Niederschlag, Abfluss und geschätzter Verdunstung in Tabelle 2.

1. Bestimmen Sie die Wasserbilanzen eines der Pegel Colpach, Wollefsbach, Huewelerbach und Useldange.
2. Interpretieren Sie Ihr Ergebnis im Hinblick auf die Annahmen der Wasserbilanzgleichung und die Eigenschaften der jeweiligen Einzugsgebiete.



Figure 3: Millimeter Papier für Ihre Zeichnungen. Eine graphische Lösung ist jedoch nicht notwendig.

Month	Discharge Col- pach	Weier- bach	Usel- dange	Huewel- erbach	Precip Usel- dange	Roodt	ET Szilagyi 2007	ΔS	$\Delta S(a)$
2010-11	73.00	61.19	43.03	17.19	65.1	152.7	5.57	.....
2010-12	39.32	37.92	33.23	14.71	116.5	102.6	9.28	.....
2011-01	164.39	186.02	97.46	27.75	55.7	78.3	9.85	.....
2011-02	23.15	25.72	21.94	12.21	25.8	37.1	8.69	.....
2011-03	17.40	20.02	17.37	12.43	10.5	16.6	8.91	.....
2011-04	6.87	8.93	11.78	11.16	19.4	20.2	18.66	.....
2011-05	2.70	2.78	9.31	8.70	22.0	31.9	43.76	.....
2011-06	3.75	1.60	9.12	8.80	60.3	97.2	35.74	.....
2011-07	2.24	0.64	7.97	10.75	46.8	59.3	22.16	.....
2011-08	2.56	0.80	8.00	9.60	52.9	79.1	23.51	.....
2011-09	1.75	0.41	7.29	7.29	30.0	45.3	13.91	.....
2011-10	1.95	0.74	8.80	9.44	25.7	36.7	9.47	.....	.....
2011-11	2.59	0.94	10.49	11.05	12.0	10.5	12.62	.....
2011-12	119.70	104.40	64.78	17.65	143.7	256.4	10.33	.....
2012-01	134.27	131.31	83.95	18.00	74.2	145.9	11.45	.....
2012-02	22.48	4.30	18.83	6.60	11.6	17.4	13.68	.....
2012-03	25.17	16.34	18.80	6.81	14.4	18.1	11.00	.....
2012-04	41.14	61.45	28.38	11.15	96.9	112.2	6.48	.....
2012-05	49.48	62.88	28.87	11.57	66.0	78.7	24.81	.....
2012-06	24.42	22.66	17.75	9.98	103.0	121.8	25.52	.....
2012-07	54.50	51.96	37.26	13.08	144.6	165.2	34.68	.....
2012-08	13.10	14.84	13.43	7.59	41.2	35.1	46.41	.....
2012-09	5.26	4.20	11.00	6.86	60.9	75.7	22.43	.....
2012-10	36.45	22.74	29.05	19.00	78.0	103.3	7.91	.....	.....
2012-11	36.57	43.97	29.20	14.30	52.7	68.1	9.90	.....
2012-12	144.19	172.78	97.68	27.35	115.3	171.2	8.45	.....
2013-01	63.99	70.51	51.25	18.58	35.7	75.9	9.76	.....
2013-02	61.30	60.47	45.44	18.14	31.1	48.9	4.89	.....
2013-03	58.57	60.66	38.86	22.97	36.5	51.3	7.36	.....
2013-04	41.76	49.39	30.70	20.08	55.9	63.7	24.34	.....
2013-05	57.09	75.17	43.26	29.58	110.7	129.2	26.67	.....
2013-06	34.99	45.37	26.56	20.63	90.7	104.5	45.35	.....
2013-07	9.77	10.55	14.33	16.74	35.0	53.5	74.62	.....
2013-08	2.73	1.84	10.56	14.08	40.3	29.9	45.58	.....
2013-09	4.59	2.76	11.29	13.73	57.0	74.2	32.46	.....
2013-10	19.48	6.27	28.42	22.40	151.9	120.1	16.64	.....	.....

Table 2: Wasserbilanzdaten Attert. Alle Werte sind in mm pro Monat gegeben.

Aufgabe 1.6: Anwendung der Wasserbilanz

Abbildung 4 zeigt das Einzugsgebiet des A-Flusses. In diesem Einzugsgebiet befinden sich die beiden Pegel A und B. Zwischen diesen beiden Pegeln leitet ein Kraftwerksbetreiber einen Anteil des Abflusses in das Nachbareinzugsgebiet ab. Zusätzlich erhalten Sie Tabelle 3 mit Angaben zum jeweiligen Gesamteinzugsgebiet der Pegel. Die mittlere Jahresverdunstung ist in beiden Einzugsgebieten gleich hoch.

Ermitteln Sie den mittleren Abfluss der Ausleitung in $[m^3 s^{-1}]$.

Kenngröße	Pegel A	Pegel B
Fläche des Einzugsgebiets	25 [km ²]	50 [km ²]
mittlerer Jahresniederschlag	850 [mm]	825 [mm]
mittlerer Abfluss MQ	0.238 [m ³ s ⁻¹]	0.250 [m ³ s ⁻¹]

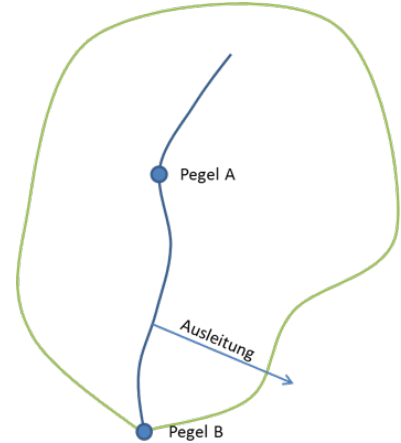


Figure 4: Skizze zu Aufgabe 1.6

Table 3: Einzugsgebietsdaten zu Aufgabe 1.6