

HOCHWASSERWELLEN AN DER DONAU

Dr.-Ing. István Rátky PhD. – Dr.-Ing. János Winter PhD.

Technische und Wirtschaftswissenschaftliche Universität Budapest

Lehrstuhl für Wasserbau und Wasserwirtschaft

H-1111 Budapest, Műegyetem rkp.3. E-Mail: iratky@netquick.hu

Zusammenfassung:

Die jährliche Spitzwerte des Durchflusses an der Donau-Strecke zwischen Bratislava und Nagymaros wurden in 1975. umfassend analysiert. An zwei Enden der genannten Strecke wurden in 2002. Hochwasserwellen bezüglich der 20-ten Jahrhundert (1901-2000) statistisch untersucht um massgebende Werte zu bestimmen. An die Datenreihen hat man Normal (Gauss), Lognormal, Gamma3, Gumbel, Todorovič und Exponential Verteilungsfunktionen angepasst.

Ausser jährlichen Spitzwerten (Q_a) haben wir auch Datenreihen den 100, 33 und 10 (Q_{100} , Q_{33} , Q_{10}) Hochwasserwellen geprüft. Ausser maximaler Durchfluss wurden auch Dauer- und Volumenwerten über einen Schwellenwert getestet, sowie Trends in den 100 Jahren.

An Grund den Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Scheitelwerte mit kleinen Wahrscheinlichkeiten haben sich nicht signifikant geändert in Vergleich den vorherigen Forschungen. Eine interessante und wichtige Feststellung ist, dass diese Werte kaum durch dem Auswahlmethode der Datenreihen beeinflusst wurden. Wenn man statt Q_a die Datenreihen mit Q_{100} oder Q_{33} zusammengestellt hat, wurde natürlich der Mittelwert grösser, aber gleichzeitig die Deviation viel kleiner.

Dauer- und Volumenwerte sind ziemlich eng mit Durchfluss Spitzwerte korreliert. In den Datenreihen sind keine signifikante Trends definierbar.

Schlüsselworte: Donau, Hochwasserwelle, mathematische Statistik, Korrelation, Trend

FLOOD WAVES ON THE DANUBE

Abstract:

Yearly greatest discharges on Danube section between Bratislava and Nagymaros were tested in detail in 1975. In 2002 on two ends of mentioned section were examinations carries out for flood waves in the 20. century (1901-2000) to determine design discharges. Data series were approach by Normal (Gauss), Lognormal, Gamma-3, Gumbel, Todorovič and Exponential distribution functions.

Besides annual maximum discharges (Q_a) the 100, 33 and 10 greatest values (Q_{100} , Q_{33} , and Q_{10}) also were tested. In addition there were examined durations and volumes of flood waves about a certain crossing level as well as trends in this 100 years.

On basis this researches it was found, that peak discharges with little probability changed not significant in comparison the earlier results. An interesting and important establishment: these values are independent from data series put together method. In order Q_a - Q_{33} mean values grow, simultaneously deviations decrease.

Durability and volume are sufficiently correlated to peak discharges. In data series were no significant trend found.

Keywords: Danube, flood wave, mathematical statistic, duration, correlation, trend.

1. Erzeugung den Datenreihen

Bezüglich dem 20-ten Jahrhundert wurden die grösser als $4\,500 \text{ m}^3/\text{s}$ tägliche Durchflusswerte gesammelt an den Messstationen Bratislava (Slowakei) und Nagymaros (Ungarn) an der Donau. Im Fall so grosse Werte in einem Jahr nicht vorgekommen sind, wurden die grösste Werte genommen. Die Durchflusswerte wurden auf $10 \text{ m}^3/\text{s}$ gerundet.

Die Daten zwischen 1901-1950 wurden aus einem vorherigen Abhandlung (KET 1975) übernommen. Für Hauptanhaltspunkte zwischen 1951-2000 dienten Durchfluss Datenreihen der Hydrographischen Jahresbücher. In möglichen Fällen wurden Scheitelwerte der Hochwasserwelle durch Daten den Registrierpegeln konstruiert. In einigen Fällen waren wir gezwungen Durchflusswerte mit Hilfe Durchflusskurven aus Wasserstand vor zu stellen.

2. Statistische Bewertung den jährlichen grössten Durchflüssen

Aus den 100 jährlich grössten Hochwasserwellen ist es nur 72-mal vorgekommen, dass die an den zwei Stationen die selben waren. An beiden Stellen sind hervorstechend die grosse Werte in 1923, 1954, 1975 und 1991, sowie die dauernd kleine Durchflusswerte im 30-er Jahrzehnten.

Jährliche Durchflussspitzwerte (Q_a) hat man im 20-ten Jahrhundert in jedem Monat beobachtet, mit grösster Häufigkeit im Juli (Bratislava 26 %, Nagymaros 22 %). Die gesamte Häufigkeit im Zeitraum Mai-August war 64 bzw. 48 %. Am seltensten ergaben sich grössten Hochwasserwellen im Oktober (2 bzw. 3 Fälle).

Die jährliche Spitzwerte schwanken in Bratislava zwischen $3\,000 - 10\,910 \text{ m}^3/\text{s}$, in Nagymaros $2\,970 - 8\,970 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Häufigkeit zeigt die Abbildung 1.

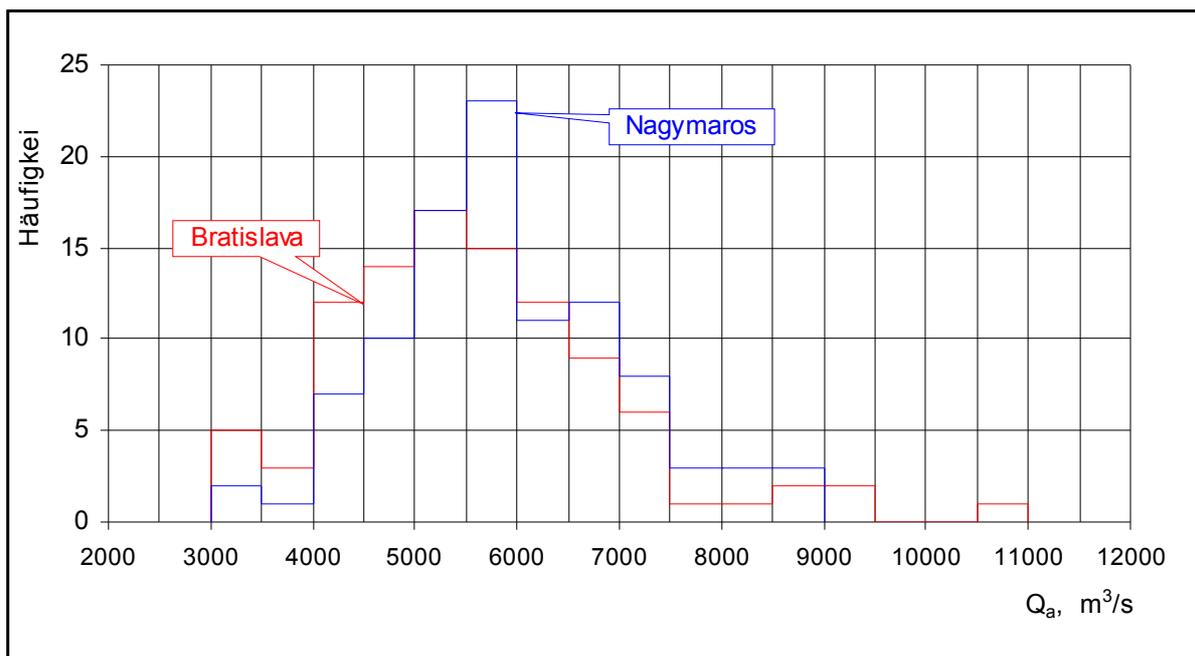


Abbildung 1. Häufigkeitsdiagramm den jährlichen grössten Durchflüsse

Das Abflussregime in Nagymaros ist viel mehr ausgeglichen als in Bratislava. Solange der grösste Durchfluss in Nagymaros $8\,500 \text{ m}^3/\text{s}$ nie erreicht, kam es in Bratislava 5-mal vor. Der zweitgrösste Durchfluss in Bratislava (1965: $9\,220 \text{ m}^3/\text{s}$) war bedeutend kleiner als der maximale Wert (1954: $10\,910 \text{ m}^3/\text{s}$). Die Differenz zwischen den zwei grössten Werten war in Nagymaros nur $180 \text{ m}^3/\text{s}$, in Bratislava $1\,650 \text{ m}^3/\text{s}$. Aus den 100 grössten jährliche Durchflüsse hat man in Bratislava 69-mal, in Nagymaros nur 31-mal grössere beobachtet.

Die Unabhängigkeit der Datenreihen wurde mit Zweimuster und Vorzeichen Methode, die Homogenität mit Kolmogorov-Smirnov Test in jedem Fall bestätigt. Statistische Parameter wurden mit Moment Methode geschätzt. Diese Verfahren wurden auch an

Datenreihen der weiteren Punkten angewendet. Zusammenfassung der Parameter siehe in Tabelle 1.

Tabelle 1. Extremwerte und statistische Parameter den Durchflussdatenreihen

	Bratislava				Nagymaros			
	Q _a	Q ₁₀₀	Q ₃₃	Q ₁₀	Q _a	Q ₁₀₀	Q ₃₃	Q ₁₀
Q _{max}	10 910	10 910	10 910	10 910	8 360	8 360	8 360	8 360
Q _{min} oder Q _o	3 000	5 210	6 490	7 300	2 970	5 160	6 230	7 030
Q _{max} -Q _o	7 310	5 700	4 420	3 610	5 390	3 200	2 130	1 330
Mittelwert	5 633	6 208	7 285	8 469	5 395	5 940	6 873	7 601
Deviation	1 376	976	1 003	1 086	1 140	746	570	429
Asymmetrie	0.92	2.06	2.01	0.94	0.33	1.22	1.11	0.51
Ln Mittelwert	8.61	7.04	6.93	8.08	8.57	7.29	7.13	7.68
Ln Deviation	0.24	0.62	0.63	0.32	0.22	0.06	0.06	0.20
Ln Asymmetrie	0.02	0.28	0.86	0.33	-0.26	0.51	0.51	0.25

Bewertung der angewandten Verteilungsfunktionen:

Normal (Gauss) Verteilungsfunktion. Nachdem die Koeffizienten der Asymmetrie (überhaupt bei Nagymaros) relative klein sind, sind vom allgemeinsten angewandte und einfachste Verteilungsfunktion gute Ergebnisse zu erwarten.

Lognormal Verteilungsfunktion. Infolge der logarithmischen Transformation (an Basis e) wurde die Deviation und Varianzkoeffizient sehr klein, die Schiefe blieb viel unter der Grenze der Anwendbarkeit der Normal Verteilungsfunktion ($c_s < 0.4$).

Gamma-3 Verteilungsfunktion. Die Verteilungsfunktion nimmt auch die Asymmetrie (Abweichung vom symmetrisch) in Beachtung. In Berücksicht der Länge der Datenreihen (100 Daten), aus dem dritten Zentralmoment kalkulierten Parameter sind zuverlässig (effizient) schätzbar, so sind auch zuverlässige Ergebnisse aus dieser Verteilungsfunktion zu erwarten.

Gumbel Verteilungsfunktion. Bei extremen Daten (wie auch die Hochwasserspitzwerte sind) kann man meistens diese Verteilungsfunktion erfolgreich anwenden.

Die Wahrscheinlichkeiten der Anpassungen (33-99 %) sind in jedem Fall viel grösser als gewöhnliche Kriterien (5 %). Ein Beispiel von den Verteilungsfunktionen betrachtet die Abbildung 2.

3. Statistische Bewertung den Durchflüssen über Schwellenwerte

Bei Konstruierung den Datenreihen wurde Crossing Methode angewendet. Der Schnitt wurde nicht bei einem bestimmten Q_o Schwellenwert aufgenommen, sonst so, dass man im Jahrhundert die 100, 33, 10 (immer ein Drittel vom vorigen Datenanzahl) grösste Spitzwerte bekommt. Wenn in der genetisch selben Hochwasserwelle die Durchflussmengen unter dem Schwellenwert sank, die wieder über dem Schwellenwert gestiegene Durchflüsse wurden für neue (zweite, eventuell dritte) Hochwasserwelle angenommen (z.B. im Jahre 1965).

3.1. Die hundert grösste Durchflüsse

Wenn man statt jährliche grösste Werte die 100 grösste Werte (Q₁₀₀) nimmt, verschiebt sich das Häufigkeitsdiagramm (Abbildung 3.) mehr asymmetrisch. Neben Erhaltung die Rolle von Juli, Häufigkeiten im Frühjahr nehmen wesentlich zu (Abbildung 4.).

Der Schwellenwert bei den 100 grössten Hochwasserwellen ergab sich in Bratislava für 5'210 m³/s, in Nagymaros für 5'160 m³/s. An beiden Pegeln bleiben Jahregruppen aus

(z.B. in Bratislava 1929-37., 9 Jahre!). In manchen Jahren hat man mehrere grössere Durchflüsse als Schwellenwert beobachtet (z.B. bei Bratislava in 1926. und 1965. vier-vier, in 1970. fünf).

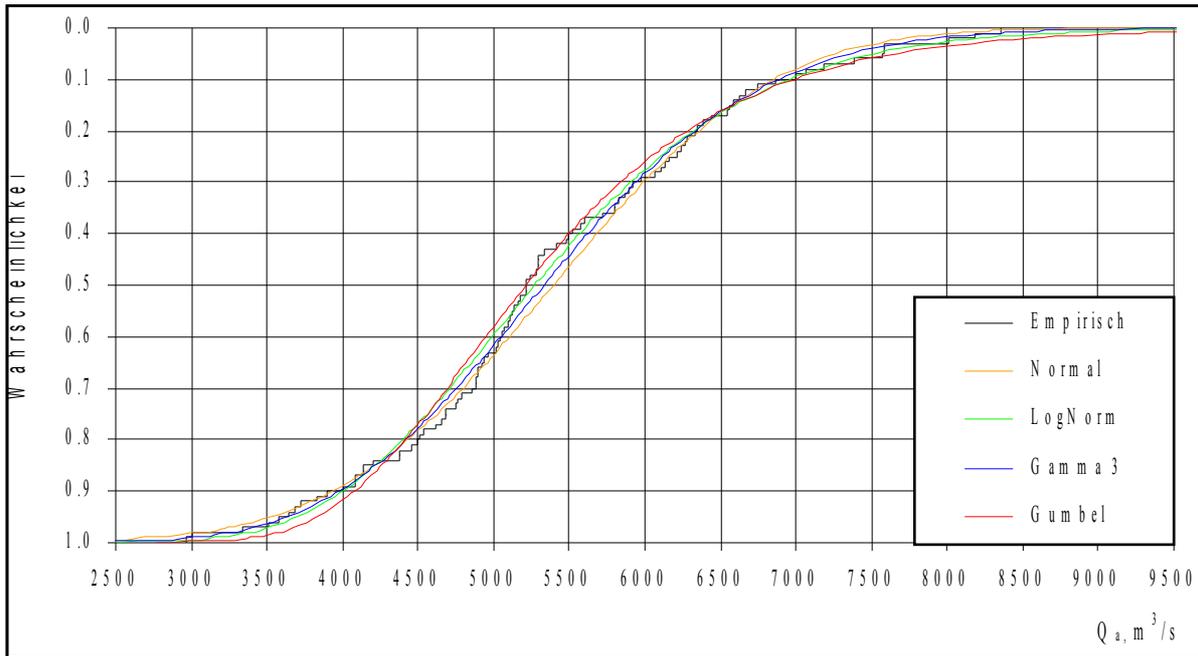


Abbildung 2. Verteilungsfunktionen der jährlichen grössten Durchflüsse, Nagymaros

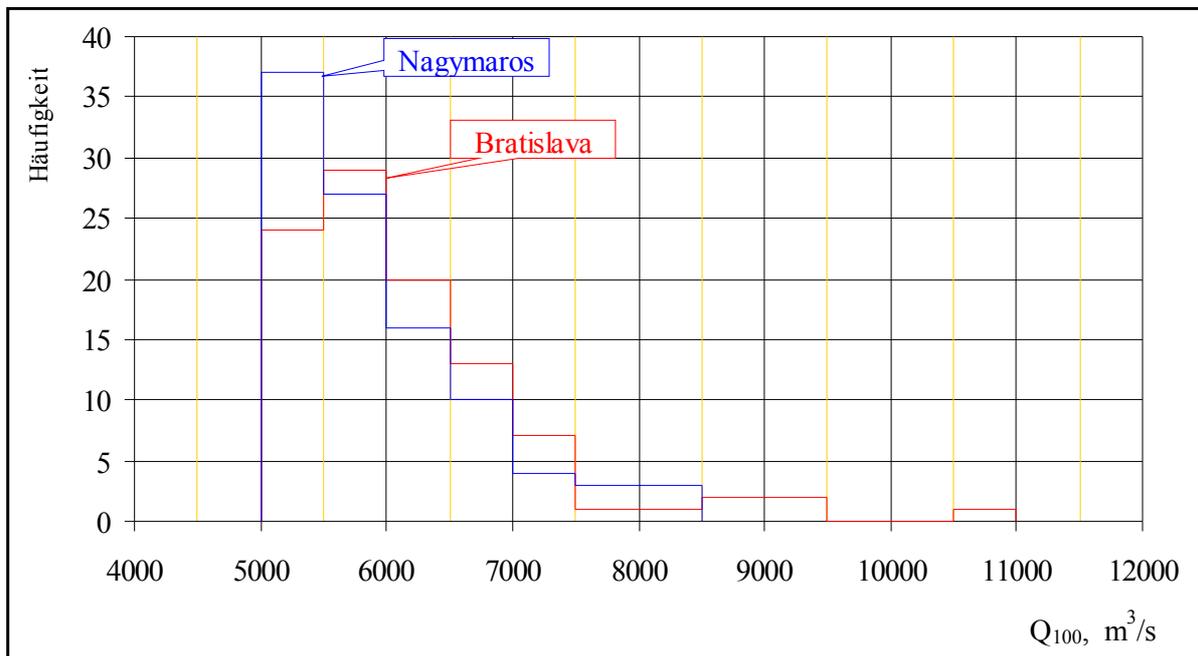


Abbildung 3. Viertelungsfunktionen der 100 grössten Durchflüsse

Aus den statistischen Parametern wuchsen die Mittelwerte, die Deviationen haben sich stark verkleinert. Die Asymmetrie wurde viel grösser, so ist die Normal Verteilungsfunktion nicht anwendbar. Die Lognormal, Gamma-3 und Gumbel Verteilungsfunktionen passen sich bei beiden Pegeln gut an (Abbildung 5.). Die Todorovič Verteilungsfunktion erscheint im grossen Durchflussbereich nicht passend.

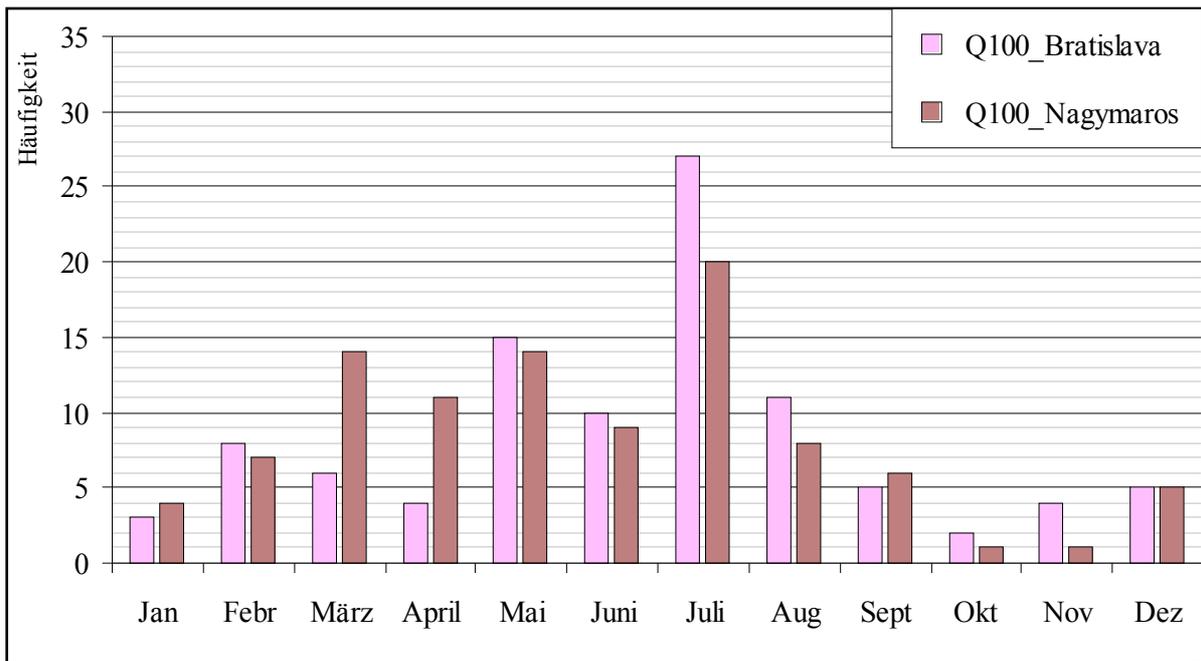


Abbildung 4. Monatliche Verteilung den 100 grössten Durchflüsse

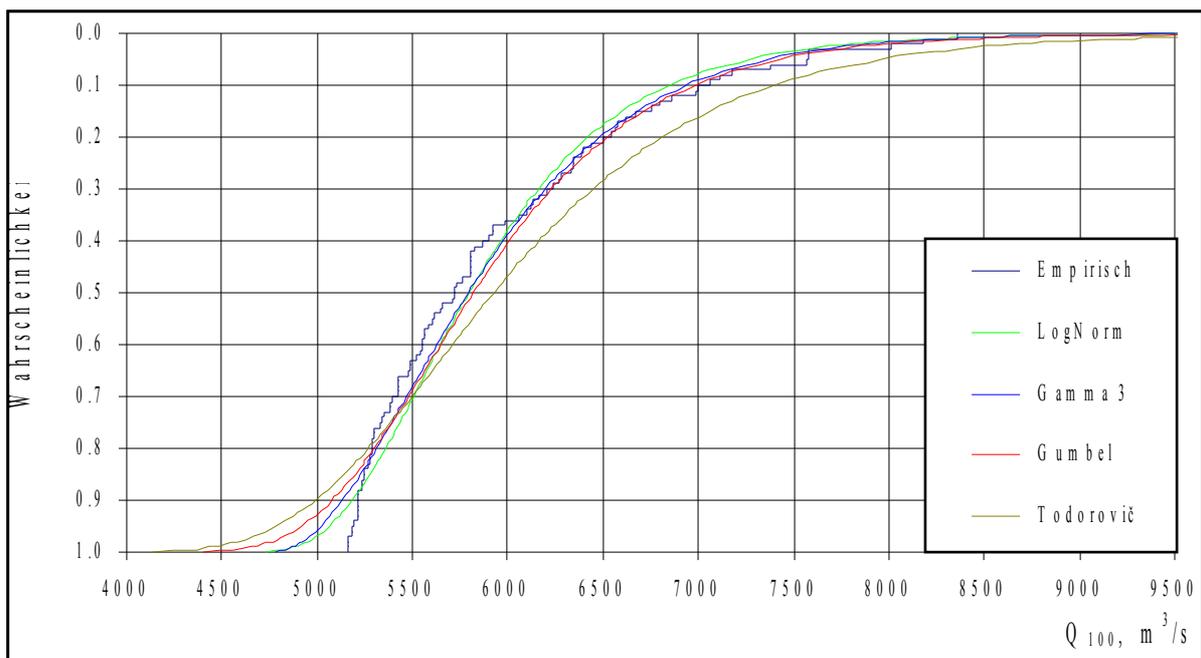


Abbildung 5. Verteilungsfunktionen den 100 grössten Durchflüsse, Nagymaros

3.2. Die 33 grösste Durchflüsse

Die Schwellenwerte den 33 grösste Durchflüsse (Q_{33}) ergaben sich in Bratislava für $6'490 \text{ m}^3/\text{s}$, in Nagymaros für $6'230 \text{ m}^3/\text{s}$. Bis die Differenz den Schwellenwerten bei den 100 grössten Hochwasserwellen nur $50 \text{ m}^3/\text{s}$ war, es erhöht sich bei den 33 grössten an $260 \text{ m}^3/\text{s}$. Aus manche Jahren treten drei-vier Daten in die Reihe (1926., 1965.), dagegen bleiben mehrmals Jahrzehnten aus. Aus den 33 grössten Hochwasserwellen waren nur 22 (67 %) die gleichen an den zwei Stationen.

Bei den 33 grösste Durchflüsse ist die Rolle vom Sommerperiode bedeutend gestiegen. Aus den Häufigkeiten (Abbildung 6.) erscheint sich die starke Asymmetrie von Bratislava, bzw. die relative Ausgeglichenheit von Nagymaros.

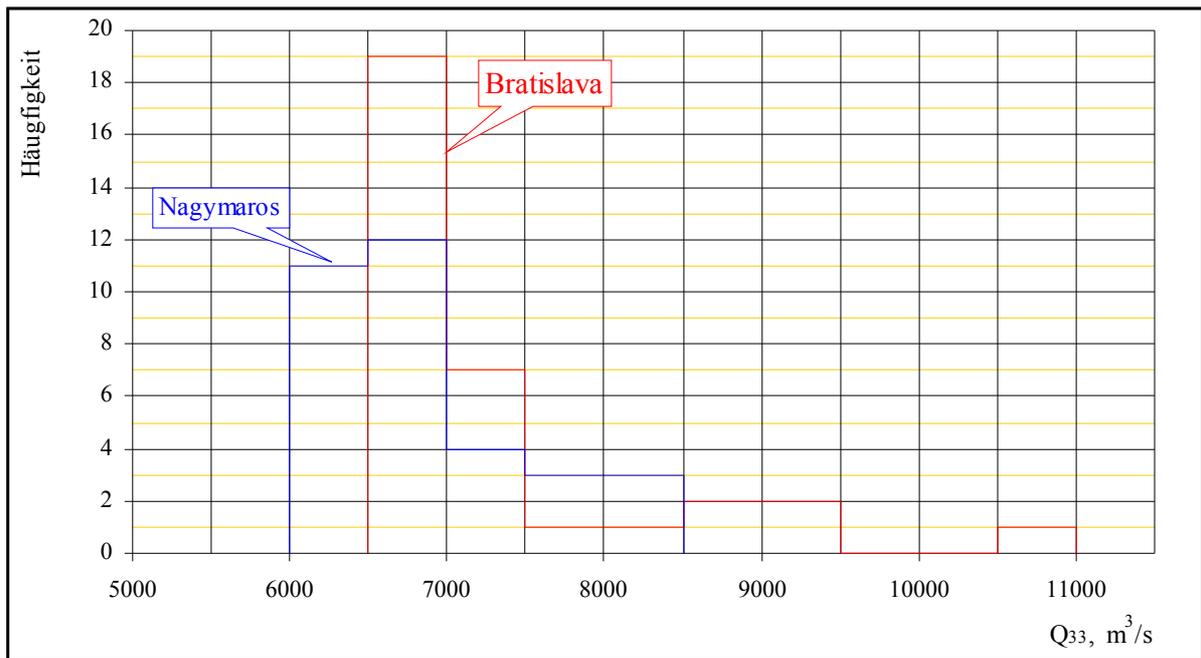


Abbildung 6. Häufigkeitsdiagramm den 33 grössten Durchflüsse

Aus den statistischen Parametern sind die Mittelwerte (sowie die Differenz zwischen den zwei Stationen) weiter gestiegen. Die Deviation hat sich in Nagymaros gesenkt, aber in Bratislava hat es zugenommen wegen der wachsende relative Rolle dem extremer Wert in 1954. Die Asymmetriekoeffizienten haben sich kaum geändert, aber wegen der geringen Datenanzahl hat sich die Zuverlässigkeit stark reduziert. Die Anpassungswahrscheinlichkeiten der bisherig auch angewandten Verteilungsfunktionen sind an beiden Messstellen günstig (30-99 %), in Nagymaros überhaupt gut (Abbildung 7.). In Hinsicht Anpassung erscheint auch die Todorovič Verteilungsfunktion gut anwendbar.

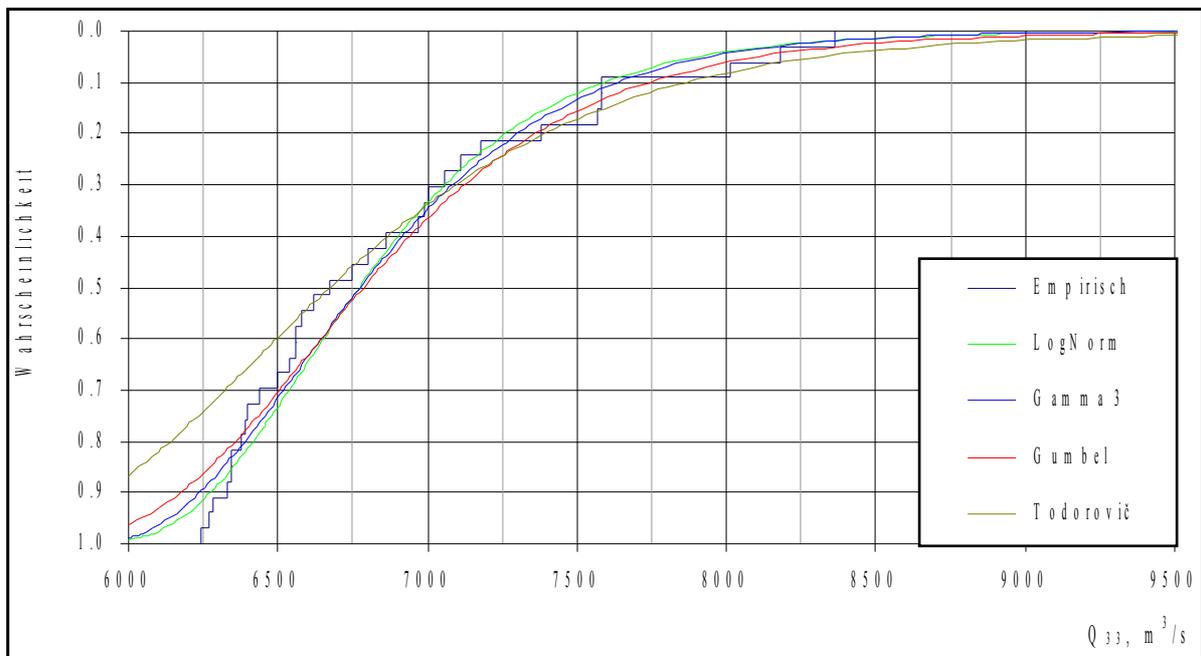


Abbildung 7. Verteilungsfunktionen den 33 grössten Durchflüsse, Nagymaros

3.3. Die 10 grösste Durchflüsse

Die Schwellenwerte bei den 10 grösste Durchflüsse (Q_{10}) sind in Bratislava $7\,300\text{ m}^3/\text{s}$, in Nagymaros $7\,030\text{ m}^3/\text{s}$. Die Differenz hat sich nicht erhöht in Vergleich den 33 grössten Werten. Aus den 10 grössten Hochwasserwellen waren nur 4 die selben an den zwei Pegelstellen (in Nagymaros 2-4 Tage später).

Im Ereignis den 10 grössten Durchflüssen hat sich die Rolle vom Sommerperiode weiter erhöht. Aus diesen Hochwasserwellen treten in Bratislava 8 im Mai-August Periode ein. In Nagymaros war die Häufigkeit in Juli 4, im Juni-August Periode 6. Es ist beachtenswert, dass aus den 10 grössten Hochwasserwellen fallen in Nagymaros 4 in den Januar-März Periode (die gehören aber alle zu den kleinsten), es wurde aber keinmal im Oktober-Dezember Periode und im April beobachtet.

Natürlich die Vertraulichkeit den aus 10 Daten kalkulierten Verteilungsfunktionen ist sehr gering und es ist sehr unsicher, dass die für charakterisieren die Spitzwerte des Durchflusses geeignet sind. Es ist beachtlich, dass entgegen den wenigen Daten die Lognormal und Gumbel Verteilungen in relativer grosser Bereich (5-90 % Wahrscheinlichkeit) zur empirischen Verteilungsfunktionen gut anpassen. Die Todorović Verteilung ist nur bei $p < 30\%$ akzeptabel, aber in Hinsicht unser Forschung wäre genau dieser Bereich am wichtigsten.

4. Vergleich den Durchflussuntersuchungen

An Grund dem Vergleich den Datenreihen (Tabelle 1.) sind die folgenden festzustellen:

- Die Hochwasserdurchflüsse sind in jeder Hinsicht grösser in Bratislava als in Nagymaros, trotzdem das Einzugsgebiet dazwischen cca. 40 % wächst ($131\,338$ bzw. $183\,534\text{ km}^2$) und dass nicht unerhebliche Flüsse an dieser Strecke in die Donau münden (Vag, Garam, Ipel).
- Der maximaler Durchfluss ist in Bratislava $2\,550\text{ m}^3/\text{s}$ grösser als in Nagymaros. Die Differenz zwischen den zweitgrössten macht weniger als die Hälfte aus ($1\,040\text{ m}^3/\text{s}$).
- Die kleinste Werte den jährlichen maximalen Durchflüsse sind fast gleich. Von Q_{100} bis Q_{10} wachsen die Schwellenwerte cca. $2\,000\text{ m}^3/\text{s}$. Die Zunahme ist in Bratislava etwas kräftiger.
- Wertbereich den Datenreihen ($Q_{\max}-Q_{\min}$) verengert sich permanent mit Verminderung der Datenanzahl. Der Wertbereich in Nagymaros ist in jedem Vergleich wenigstens um $2\,300\text{ m}^3/\text{s}$ enger als in Bratislava. In Rücksicht Q_{10} die Wertbreite in Nagymaros übersteigt kaum $1/3$ die Breite von Bratislava.

In Vergleich die empirischen Verteilungsfunktionen (Abbildung 8.) sieht man gut den Einfluss der Schwellenwert Aufnahme. Von $Q_a - Q_{10}$ verschieben sich die Verteilungsfunktionen rechts und werden immer steiler. Dazwischen ändert sich in Nagymaros die Ausgeglichenheit nicht oder sogar verbessert es sich einigermassen (die Deviation sinkt), solange bekommen die extreme Werte in Bratislava fortwährend grössere Bedeutung.

An Abbildung 9. sind die empirische Verteilungsfunktionen den zwei Stationen verglichen. In jedem Vergleich verschieben sich die Verteilungsfunktionen nach Richtung grösseren Werten besser bei Bratislava als bei Nagymaros. Von $Q_a - Q_{10}$ verschieben sich die grosse Differenzen in Richtung kleineren Wahrscheinlichkeiten.

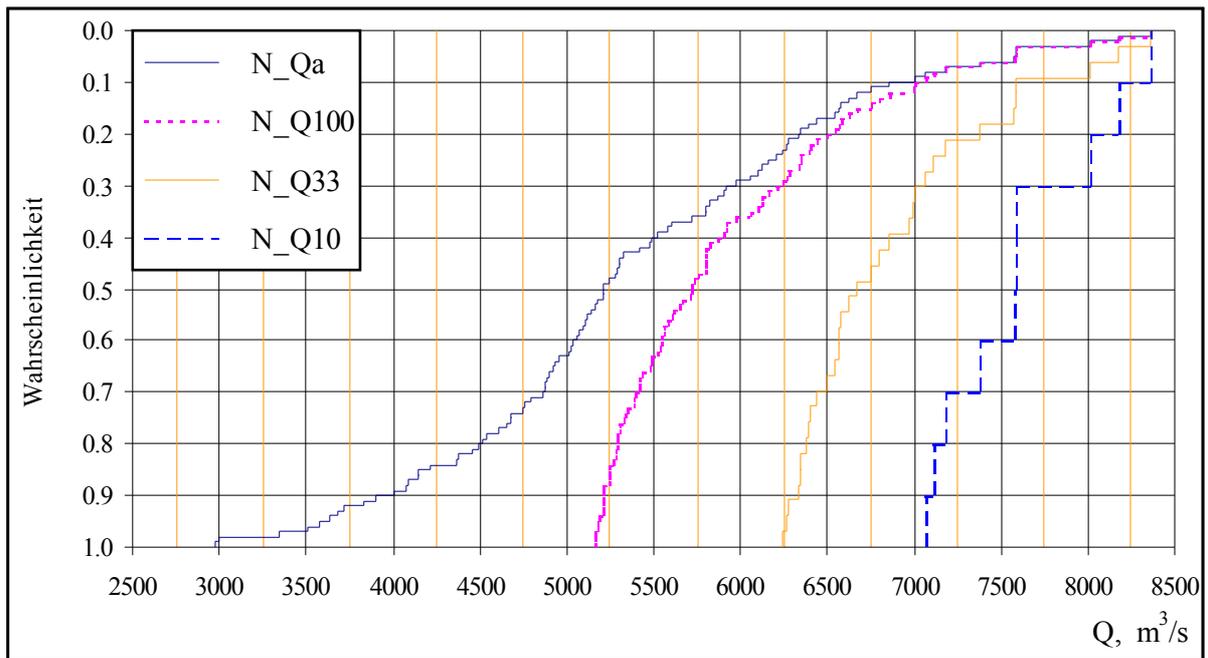


Abbildung 8. Empirische Verteilungsfunktionen der Durchflusswerte, Nagymaros

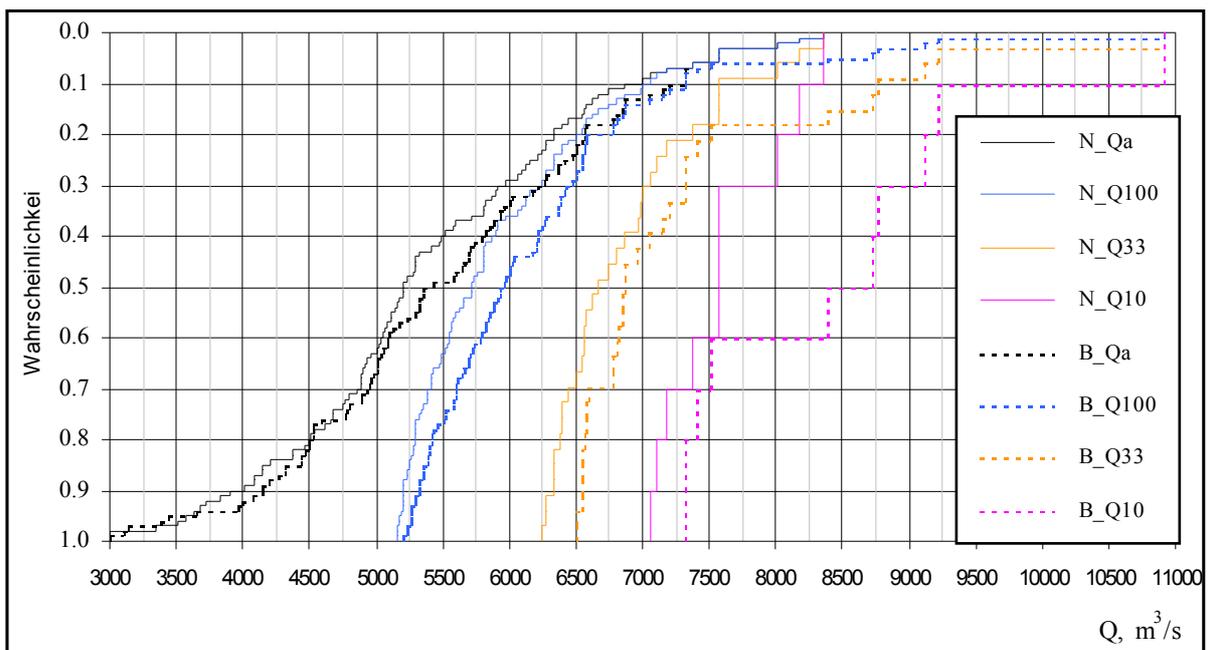


Abbildung 9. Vergleich der empirischen Verteilungsfunktionen Nagymaros und Bratislava

An Grund der Zusammenfassungstabelle (Tabelle 1.) weiterhin den bisherigen sind die folgenden konstatierbar:

- In Reihenfolge $Q_a - Q_{10}$ mit Wachstum der Mittelwerte werden die Deviationen und Varianzkoeffizienten in Nagymaros immer kleiner. In Bratislava bekommt man bei Q_a die grösste Deviation, aber die werden etwas grösser in Reihenfolge $Q_{100} - Q_{10}$ wegen Vergrößerung der relativen Rolle der hervorragend grossen Daten. Die relativen Deviationen ändern sich praktisch nicht in Reihenfolge $Q_{100} - Q_{10}$ in Bratislava, sind aber grösser als in Nagymaros.

- In Änderung der Schiefe sind keine Regelmässigkeiten. Im Fall den 33, überhaupt den 10 grössten Durchflüsse ist die Schätzung der Schiefekoeffizient sehr uneffizient.
- In Hinsicht der Hochwasserschutz massgebenden (Wahrscheinlichkeit 1.0-0.1 %) Durchflusswerten sind die folgende Konsequenzen abzuziehen:
- Die Normal Verteilungsfunktionen geben allgemein unrealistisch kleine Werte.
- Aus den 100 grössten Durchflusswerten kalkulierten messgebenden Werten sind überhaupt in Nagymaros (entgegen es zu erwarten wäre) nicht oder nicht wesentlich grösser als an Grund Q_a kalkulierten.
- An Grund Q_{10} Reihe kalkulierte Werte scheinen unrealistisch gross.
- In Bratislava sind $Q_{1\%}$ Werte nacheinander kleiner als der bisherig gemessenen grössten ($Q_{max}=10\cdot910 \text{ m}^3/\text{s}$).
- Bei Nagymaros gibt die Todorovič Verteilungsfunktion die grösste Werte, die sind aber nicht so gross, dass man diese Funktion unbeachtet könnte. Diese Erhebung ist bei Bratislava weniger gültig.
- Die einzelnen Verteilungsfunktionen geben natürlich verschiedene Werte, aber keine sind unrealistisch.

Zur Abziehung endgültigen Folgerungen wurde auch die Hochwasserwelle in August 2002. (die die bisherige grösste Durchfluss an dieser Strecke gab) berücksichtigt.

Die massgebende Durchflüsse sind nachfolgend zusammengefasst:

	$Q_{1,0\%}$	$Q_{0,5\%}$	$Q_{0,1\%}$
Bratislava	10'400 m ³ /s	11'000 m ³ /s	12'600 m ³ /s
Nagymaros	8'800 m ³ /s	9'200 m ³ /s	10'000 m ³ /s

5. Untersuchung von Dauer und Volumen den Hochwasserwellen

Es wurde geprüft, wie lange (wieviel Tage, Dauer) treten Durchflüsse über Schwellenwert in den einzelnen Hochwasserwellen auf. Ebenfalls wurden Volumen über Schwellenwert (vereinfacht: $Q[\text{m}^3/\text{s}] \cdot T[\text{Tag}]$) getestet. Beide können für Belastung den Hochwasserschutz Systemen charakteristisch sein. Angewandte Verteilungsfunktionen: Lognormal, Gamma-3, Gumbel, Exponential. Dauerwerte und Volumen über Schwellen sind in der Tabelle 2. zusammengefasst. Wie es dargestellt ist, Dauer mit 1 % Wahrscheinlichkeit ist in Bratislava 20, in Nagymaros 30 Tage rum, die bisherigen beobachtete maximale Werte sind grösser als ein Monat, in Nagymaros fast zwei Monaten.

Tabelle 2. Zusammenfassung den Dauerwerten und den Volumen den 100 grössten Hochwasserwellen

	Dauer, Tag		Volumen, m ³ /s*Tag	
	Bratislava	Nagymaros	Bratislava	Nagymaros
Empirischer Mittel	3.0	4.0	1 400	1 600
Statistischer Mittel	4.2	5.5	3 900	4 500
Empirischer 10%	8.0	10.0	8 400	10 300
Kalkulierter 10%	8.4-10.7	11-15	9 000-15 000	10 000-19 000
1 %	19-24	25-37	18 000-60 000	21 000-88 000
0,1%	29-41	38-69	27 000-220 000	31 000-364 000
Beobachteter Maximum	35	57	67 100	89 000

Die Korrelationen sind ziemlich gross. Der lineare Korrelationskoeffizient zwischen Durchfluss über Schwellenwert und Dauer ist 0.63-0.65, die nicht lineare 0.71-0.81. Der Zusammenhang zwischen Durchfluss über Schwellen und Volumen ist noch stärker, bei linearer Korrelation 0.68-0.77, bei parabolischer 0.85-0.89. Der lineare Korrelationskoeffizient zwischen Dauer und Volumen ist 0.89-0.96.

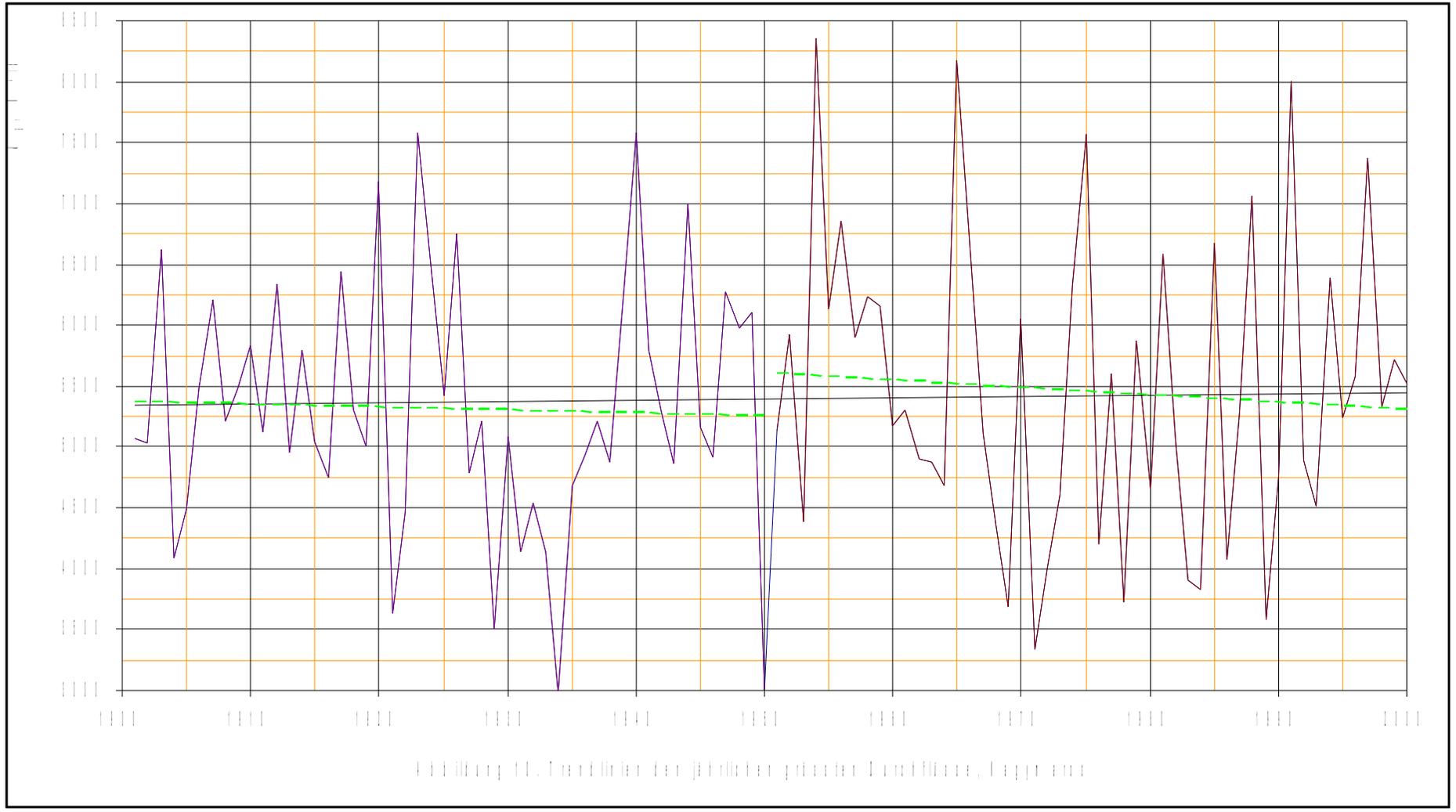


Abbildung 11. Zeitreihe der jährlichen gestrichelten Linien, 1980-2019

6. Trenduntersuchungen

Die Zeitreihe der jährlichen grössten Durchflüsse im 20-ten Jahrhundert zeigt milde steigende Tendenz, die Zunahme ist etwa $5.4 \text{ m}^3/\text{s}$ pro Jahr. Diesen Trend darf man nicht als signifikant annehmen, das auch durch den Fakt unterstützt ist, dass solange die ersten 50 Jahre zeigen praktisch keinen Trend, dagegen die letzten 50 Jahre haben $10 \text{ m}^3/\text{s}$ pro Jahr sinkende Tendenz. Diese Differenz wurde genau vom „Scheidepunkt“, vom Jahre 1950. verursacht. In 1950. hat man den kleinsten jährlichen grössten Durchfluss registriert, was wir noch zu den ersten 50 Jahren genommen haben, gegenseitig im Vorteil der zweiten 50 Jahren (in 1954.) hat man den bisherigen Maximum gemessen. Die Neigung der Trendlinie kann sich grundsätzlich ändern vom Anfangs- oder Endpunkt der Zeitperiode.

An Nagymaros sind die vorigen Erhebungen genau so gültig. In der Trendlinie der Q_a Zeitreihe gibt es keine signifikante Tendenz (Abbildung 10.), der Anstieg schreitet nicht $1 \text{ m}^3/\text{s}$ pro Jahr über.

Die Trendlinie der 100 grössten Scheitelwerte zeigt cca. $2.0 \text{ m}^3/\text{s}$ pro Jahr, die Q_{33} Zeitreihe $3.4\text{-}3.8 \text{ m}^3/\text{s}$ pro Jahr Erhöhung. Im Gegensatz der 10 grössten Durchflüsse sinken, in Bratislava $8.9 \text{ m}^3/\text{s}$ pro Jahr, in Nagymaros $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$ pro Jahr.

Untersuchend die Dauerwerte kann man feststellen, dass die 100 grössten Hochwasserwellen haben fallenden Trend, trotzdem die grössten Werte befinden sich am Ende der zweiten Drittel der Zeitperiode. Die statistisch erwiesene Abnahme ist in 100 Jahre 1.2 Tag (von 4.8 auf 3.6 Tag). Die weiteren Trendlinien sind praktisch vollkommen horizontal.

Die Trendlinien Neigungen der Volumen Zeitreihen bei den 100 grössten Hochwasserwellen sind an beiden Stationen vernachlässig. Bei Zeitreihe V_{33} der Anstieg in 100 Jahre ist in Bratislava mehr als 50 %, in Nagymaros etwa 75 %. Es scheint eine Vergrößerung nach dem steigenden Trend der Q_{33} Zeitreihen. Das wäre eine Mahnung für die Zukunft, wenn die Änderungstendenz der Q_{10} Zeitreihen nicht direkt gegenteilig wäre.

Als Zusammenfassung dieser Untersuchungen ist feststellbar, dass in den geprüften Zeitreihen kein Trend befindlich ist. Die meistens kleinen Steigungen sind nicht als signifikant anzunehmen.

Literatur

- Kontur, I.- Koris, K.- Winter, J. (1993): Hydrologische Berechnungen. Akademischer Verlag, Budapest. (ungarisch)
- Reimann, J. (1971): Wahrscheinlichkeitsberechnungen. Lehrbuch Verlag, Budapest. (ungarisch)
- Vincze, I. (1968): Mathematische Statistik mit Anwendung in der Industrie. Technischer Verlag, Budapest. (ungarisch)
- Hydrographische Jahrbücher (1951-2000), VITUKI, Budapest.
- Gemeinsamer Vereinbarter Plan (KET) der Staustufenanlage Gabčíkovo-Nagymaros (1975). (ungarisch)