

Universität  
Ljubljana

Fakultät  
*für Bauingenieur- und  
Vermessungswesen*

Lehrstuhl für  
Bauingenieur- und  
Vermessungswesen

Jamova 2, p.o.b. 3422  
1115 Ljubljana, Slovenija  
telefon +386 1 47 68 500  
fax +386 1 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si



Ljubljana, 3. Februar 2012

Ref.: KSH/d-128

# Hydrologische Studie der Mur

## Bericht

Universität Ljubljana  
Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen  
Lehrstuhl für allgemeine Hydrotechnik  
Jamova 2, Ljubljana

Lehrstuhlinhaber

Prof. Dr. Mitja Brilly



Ljubljana, Februar 2012

An der Erstellung der Studie wirkten mit:

Prof. Dr. Mitja Brilly (Dipl.-Bauing.)

Doz. Dr. Mojca Šraj (Dipl.-Bauing.)

Mag. Andrej Vidmar (Dipl.-Bauing.)

Mag. Anja Horvat (Dipl.-Ing. für Wasserwirtschaft und kommunales Ingenieurwesen)

Mag. Maja Koprivšek (Dipl.-Ing. für Wasserwirtschaft und kommunales Ingenieurwesen)

Übersetzung:

ins Deutsche: Carniola 94, d.o.o.

ins Kroatische: Prof. Dr. Mitja Brilly, Dipl.-Bauing.; Ladislav Grđan, Dipl.-Bauing.

ins Ungarische: Mag. Helena Zver; Engi Zsuzsanna, Dipl.-Ing. in Wasserbau

Korrekturlesen:

Deutsch: Gabriele Müller, Reinhold Godina, Robert Schatzl

Kroatisch: Ladislav Grđan, Dipl.-Bauing.

Ungarisch: Hamza István, Dipl.-Ing. Hydrologie

Slowenisch: Mojca Vilfan, Dr. Mira Kobold, Dipl.-Phys. Ing., Mag. Florjana Ulaga,  
Dipl.-Ing. Geogr.

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>9</b>
<b>1 ALLGEMEINE CHARAKTERISTIKA DES EINZUGSGEBIETS DER MUR.....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 Beschreibung des Einzugsgebiets .....</b>	<b>10</b>
1.1.1 Oberlauf der Mur .....	16
1.1.2 Mittellauf der Mur.....	17
1.1.3 Unterlauf der Mur.....	18
<b>1.2 Übersichtskarte des Einzugsgebiets der Mur .....</b>	<b>21</b>
1.2.1 3-D-Geländemodell .....	22
1.2.2 Abgrenzung der Einzugsgebiete .....	23
1.2.3 Gewässernetz.....	23
1.2.4 Genauigkeit der Längen und der Kilometrierung .....	23
1.2.5 Ausarbeitung der digitalen Karte .....	25
<b>1.3 Längenschnitt der Mur .....</b>	<b>27</b>
<b>1.4 Historische Daten von Pegeln und Niederschlagsstationen .....</b>	<b>29</b>
<b>1.5 Anthropogene Einflüsse .....</b>	<b>36</b>
<b>2 KLIMATISCHE CHARAKTERISTIKA DES EINZUGSGEBIETS DER MUR.....</b>	<b>40</b>
<b>2.1 Mittlere monatliche und jährliche Niederschläge und Temperaturen .....</b>	<b>40</b>
2.1.1 Niederschlagsdaten.....	40
2.1.2 Niederschlagstrends.....	49
2.1.3 Temperaturdaten .....	53
2.1.4 Temperaturtrend .....	55
<b>2.2 Niederschlagskarte.....</b>	<b>57</b>
<b>3 DURCHFLÜSSE .....</b>	<b>58</b>
<b>3.1 Statistische Analyse der Monatsdurchflüsse .....</b>	<b>59</b>
3.1.1 Statistische Daten der Monatsdurchflüsse.....	59
3.1.2 Saisonalität der Durchflüsse.....	107
3.1.3 Analyse der Änderungen der mittleren Jahresdurchflüsse .....	110
3.1.4 Q95%, berechnet auf Basis von Tagesmittelwerten .....	116
3.1.5 Korrelationen zwischen den Pegeln .....	118
<b>3.2 Spezifischer Durchfluss.....</b>	<b>120</b>
<b>3.3 Homogenität und Trends .....</b>	<b>124</b>
3.3.1 Analyse der Datenhomogenität .....	124
3.3.2 Lineare Trends .....	127
3.3.3 Nichtlineare Trends .....	128
<b>3.4 Hochwasserstatistik .....</b>	<b>133</b>
3.4.1 Mit verschiedenen Verteilungen geschätzte theoretische Hochwässer .....	134
3.4.2 Gewählte Verteilungen für die jeweiligen Pegel.....	136
<b>3.5 Niederwasserstatistik.....</b>	<b>146</b>

3.5.1	Mit verschiedenen Verteilungen geschätzte theoretische Niedergewässer.....	147
<b>3.6</b>	<b>Abflussbeiwert.....</b>	<b>150</b>
	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....</b>	<b>152</b>
	<b>LITERATUR .....</b>	<b>153</b>

## **INHALTSVERZEICHNIS DER CD**

Hydrologische Studie der Mur – Bericht AUT

Hydrologische Studie der Mur – Bericht H

Hydrologische Studie der Mur – Bericht HR

Hydrologische Studie der Mur – Bericht SLO

Anhang I – Historischer Hintergrund von Pegeln

Anhang II – Hochwasserhäufigkeitsanalysen, Niedrigwasserhäufigkeitsanalysen

Anhang III – Niederschlagskarte, Karte des Einzugsgebiets der Mur, Längenschnitt der Mur

Anhang IV – Vokabular

Anhang V – Österreichische Beschreibung des Einzugsgebiets, Wasserkraftwerke in Österreich,

Slowenische Beschreibung des Einzugsgebiets, Ungarische Beschreibung des Einzugsgebiets,

Inventarisierung im ungarischen Abschnitt der Mur, Kroatische Beschreibung des Einzugsgebiets

Anhang VI – Lineare Trends der Abflüsse, Nichtlineare Trends der Abflüsse

Anhang VII – Meteorologische und hydrologische Daten

**BILDERVERZEICHNIS**

Bild 1.1.1: Relief des Einzugsgebiets der Mur.....	10
Bild 1.1.2: Verhältnis zwischen Seehöhe und Anteil der Fläche des Einzugsgebiets (in %) für die einzelnen Abschnitte des Einzugsgebiets der Mur .....	13
Bild 1.1.3: Größe der Einzugsgebietsflächen entlang der Mur.....	14
Bild 1.2.4.1: Digitalisierung mit DigitalGlobe .....	24
Bild 1.2.4.2: Darstellung der Tag-Line mit Google Earth.....	24
Bild 1.2.4.3: Murursprung – auf der Tafel beim Ursprung ist eine Länge von 444 km angegeben.....	25
Bild 1.2.5.1: Gewöhnliche Schattierung (Tageslicht) .....	26
Bild 1.2.5.2: Hydromorphologische Schattierung .....	26
Bild 1.2.5.3: Hydrologische Karte – Übersichtskarte des Einzugsgebiets der Mur .....	26
Bild 1.3.1: Längenschnitt der Mur vom Ursprung bis zur Mündung (Zubringer blau eingetragen) .....	28
Bild 1.5.1: Fluktuationen des Wasserspiegels - Wasserstandsganglinie bei Bakovci (Slowenien) .....	38
Bild 1.5.2: Tagesfluktuationen des Wasserspiegels - Wasserstandsganglinie bei Bakovci (Slowenien) .....	38
Bild 2.1.1.1: Mittlere, minimale und maximale Jahresniederschlagssummen für den Zeitraum 1961 - 2005.....	43
Bild 2.1.1.2: Minimale Monatsniederschläge im nordwestlichen Bereich des Einzugsgebiets .....	44
Bild 2.1.1.3: Maximale Monatsniederschläge im nordwestlichen Bereich des Einzugsgebiets .....	44
Bild 2.1.1.4: Minimale Monatsniederschläge im nördlichen Bereich des Einzugsgebiets .....	45
Bild 2.1.1.5: Maximale Monatsniederschläge im nördlichen Bereich des Einzugsgebiets .....	46
Bild 2.1.1.6: Minimale Monatsniederschläge im südlichen Bereich des Einzugsgebiets.....	47
Bild 2.1.1.7: Maximale Monatsniederschläge im südlichen Bereich des Einzugsgebiets.....	47
Bild 2.1.2.1: Normalisierte Niederschläge für ausgewählte Stationen .....	52
Bild 2.1.3.1: Jahresmitteltemperatur.....	54
Bild 2.1.3.2: Jahreshöchsttemperatur.....	55
Bild 2.1.3.3: Jahrestiefsttemperatur.....	55
Bild 2.2.1: Karte der mittleren Jahresniederschlagssummen.....	57
Bild 3.1.1.1: Monatsdurchflüsse am Pegel A 2055 Gestüthof (Mur) .....	60
Bild 3.1.1.2: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 2055 Gestüthof (Mur).....	60
Bild 3.1.1.3: Monatsdurchflüsse am Pegel A 2170 St. Georgen/Mur.....	62
Bild 3.1.1.4: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 2170 St. Georgen/Mur .....	62
Bild 3.1.1.5: Monatsdurchflüsse am Pegel A 2400 Zeltweg(Mur).....	64
Bild 3.1.1.6: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 2400 Zeltweg(Mur).....	64
Bild 3.1.1.7: Monatsdurchflüsse am Pegel A 2700 Leoben(Mur).....	66
Bild 3.1.1.8: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 2700 Leoben(Mur) .....	66
Bild 3.1.1.9: Monatsdurchflüsse am Pegel A 3100 Bruck (Mur).....	68
Bild 3.1.1.10: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 3100 Bruck(Mur).....	68
Bild 3.1.1.11: Monatsdurchflüsse am Pegel A 3397 Graz (Mur).....	70
Bild 3.1.1.12: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 3397 Graz (Mur).....	70
Bild 3.1.1.13: Monatsdurchflüsse am Pegel A 3870 Spielfeld (Mur).....	72
Bild 3.1.1.14: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 3870 Spielfeld (Mur) .....	72
Bild 3.1.1.15: Monatsdurchflüsse am Pegel A 3902 Mureck (Mur).....	74
Bild 3.1.1.16: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 3902 Mureck (Mur) .....	74
Bild 3.1.1.17: Monatsdurchflüsse am Pegel A 2940 Neuberg (Mürz).....	76
Bild 3.1.1.18: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel 2940 Neuberg (Mürz).....	76
Bild 3.1.1.19: Monatsdurchflüsse am Pegel A 3001 Kindthal (Mürz).....	78
Bild 3.1.1.20: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 3001 Kindthal (Mürz) .....	78
Bild 3.1.1.21: Monatsdurchflüsse am Pegel A 3082 Kapfenberg (Mürz) .....	80
Bild 3.1.1.22: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 3082 Kapfenberg (Mürz).....	80
Bild 3.1.1.23: Monatsdurchflüsse am Pegel A 3670 Voitsberg (Kainach).....	82
Bild 3.1.1.24: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 3670 Voitsberg (Kainach).....	82
Bild 3.1.1.25: Monatsdurchflüsse am Pegel A 3701 Lieboch (Kainach) .....	84
Bild 3.1.1.26: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 3701 Lieboch (Kainach).....	84
Bild 3.1.1.27: Monatsdurchflüsse am Pegel A 3791 Gleinstätten (Sulm) .....	86
Bild 3.1.1.28: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 3791 Gleinstätten (Sulm).....	86
Bild 3.1.1.29: Monatsdurchflüsse am Pegel A 3856 Leibnitz (Sulm) .....	88
Bild 3.1.1.30: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 3856 Leibnitz (Sulm).....	88
Bild 3.1.1.31: Monatsdurchflüsse am Pegel SI 1060 Gornja Radgona (Mur) .....	90

Bild 3.1.1.32: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel SI 1060 Gornja Radgona (Mur).....	90
Bild 3.1.1.33: Monatsdurchflüsse am Pegel SI 1070 Petanjci (Mur).....	92
Bild 3.1.1.34: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel SI 1070 Petanjci (Mur) .....	92
Bild 3.1.1.35: Monatsdurchflüsse am Pegel SI 1140 Pristava (Ščavnica) .....	94
Bild 3.1.1.36: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel SI 1140 Pristava (Ščavnica).....	94
Bild 3.1.1.37: Monatsdurchflüsse am Pegel SI 1220 Polana (Ledava).....	96
Bild 3.1.1.38: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse an der SI 1220 Polana (Ledava) .....	96
Bild 3.1.1.39: Monatsdurchflüsse am Pegel HR 5044 Mursko Središće (Mur).....	98
Bild 3.1.1.40: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel HR 5044 Mursko Središće (Mur) .....	98
Bild 3.1.1.41: Monatsdurchflüsse am Pegel HR 5035 Goričan (Mur) .....	100
Bild 3.1.1.42: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel HR 5035 Goričan (Mur).....	100
Bild 3.1.1.43: Monatsdurchflüsse am Pegel HR 5026 Jendrašiček (Trnava).....	102
Bild 3.1.1.44: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel HR 5026 Jendrašiček (Trnava) .....	102
Bild 3.1.1.45: Monatsdurchflüsse am Pegel H 360 Letenye (Mur).....	104
Bild 3.1.1.46: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel H 360 Letenye (Mur) .....	104
Bild 3.1.1.47: Monatsdurchflüsse am Pegel H 364 Tormafölde (Kerka).....	106
Bild 3.1.1.48: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel H 364 Tormafölde (Kerka).....	106
Bild 3.1.2.1: Durchflussregime - mittlere Monatsdurchflüsse am Pegel Bruck an der Mur (Mur) .....	107
Bild 3.1.2.2: Durchflussregime - mittlere Monatsdurchflüsse am Pegel Gornja Radgona (Mur) .....	108
Bild 3.1.2.3: Durchflussregime - mittlere Monatsdurchflüsse am Pegel Letenye (Mur) .....	108
Bild 3.1.2.4: Durchflussregime - mittlere Monatsdurchflüsse am Pegel Leibnitz (Sulm).....	109
Bild 3.1.2.5: Durchflussregime - mittlere Monatsdurchflüsse am Pegel Tormafölde (Kerka) .....	109
Bild 3.1.3.1: Längenschnitt des mittleren Jahresdurchflusses .....	110
Bild 3.1.3.2: Längenschnitt des minimalen Jahresdurchflusses.....	112
Bild 3.1.3.3: Unterschied zwischen den Durchflüssen an den Pegeln Gornja Radgona und Petanjci	112
Bild 3.1.3.4: Längenschnitt der maximalen, minimalen und mittleren Durchflüsse (Tagesmittelwerte) im Jahr 2005 .....	113
Bild 3.1.3.5: Differenzen in den Durchflüssen an den Pegeln Goričan und Letenye im Zeitraum 1961 - 1990.....	113
Bild 3.1.3.6: Differenzen in den mittleren Monatsdurchflüssen der Pegel Mursko Središće - Goričan und Mursko Središće - Letenye im Vergleich zum mittleren Monatsdurchfluss der Kerka für den Zeitraum 1963 - 2005.....	114
Bild 3.1.3.7: Differenzen in den mittleren Monatsdurchflüssen der Pegel Mursko Središće - Goričan und Mursko Središće - Letenye im Vergleich zum mittleren Monatsdurchfluss der Kerka für den Zeitraum 2000 - 2005.....	115
Bild 3.1.4.1: Längenschnitt des Q95%-Werts.....	117
Bild 3.2.1: Mittlerer spezifischer Durchfluss entlang der Mur .....	122
Bild 3.2.2: Minimaler spezifischer Durchfluss entlang der Mur .....	122
Bild 3.2.3: Maximaler spezifischer Durchfluss entlang der Mur .....	123
Bild 3.2.4: Mittlere spezifische Durchflüsse an den Zubringern der Mur.....	123
Bild 3.3.1.1: Analyse der Periodizität der mittleren Jahresdurchflüsse für den Pegel Letenye.....	126
Bild 3.3.1.2: Analyse der kumulativen Summen des Verhältnisses zwischen dem standardisierten Durchfluss und dem Variationskoeffizienten für den Pegel Letenye. ....	126
Bild 3.3.3.1: Homogenität der gewählten Pegel mit Durchflussdaten .....	129
Bild 3.3.3.2: Homogenisierte Durchflussdaten für den Oberlauf der Mur .....	130
Bild 3.3.3.3: Homogenisierte Durchflussdaten für die Mürz .....	130
Bild 3.3.3.4: Homogenisierte Durchflussdaten für den Mittellauf der Mur mit Zubringern .....	131
Bild 3.3.3.5: Homogenisierte Durchflussdaten für den Unterlauf der Mur mit Zubringern .....	132
Bild 3.4.2.1: HQ 1000, 500, 300, 100, 50, 30, 20, 10, 5, 3 und 2, berechnet nach der gewählten Verteilung und dargestellt als Längenschnitt der Mur.....	142
Bild 3.4.2.2: Längenschnitt für HQ 1000, 500, 300, 100, 50, 30, 20, 10, 5, 3 und 2, berechnet nach der Log-Pearson-Typ-III-Verteilung .....	143
Bild 3.4.2.3: Längenschnitt für HQ 1000, 500, 300, 100, 50, 30, 20, 10, 5, 3 und 2, berechnet nach der Log-Pearson-Typ-III-Verteilung – ohne die Pegel Mureck und Gornja Radgona .....	143
Bild 3.4.2.4: Längenschnitt für HQ 1000, 500, 300, 100, 50, 30, 20, 10, 5, 3 und 2, berechnet nach der Log-Pearson-Typ-III-Verteilung – ohne die Pegel Petanjci und Mursko Središće.....	145
Bild 3.4.2.5: Q 100 mit oberer und unterer 95%-Vertrauensgrenze.....	145
Bild 3.5.1.1: Längenschnitt für NQ 1000, 500, 300, 100, 50, 30, 20, 10, 5, 3 und 2, berechnet nach der gewählten Verteilung.....	149
Bild 3.6.1: Längenschnitt des Abflussbeiwerts .....	151

Bild 3.6.2: Abflussbeiwert an den Zubringern zur Mur ..... 151

**TABELLENVERZEICHNIS**

Tabelle 1.1.1: Charakteristika des Einzugsgebiets der Mur..... 15

Tabelle 1.4.1: Historische Pegel­daten..... 30

Tabelle 1.4.2: Historische Daten der Niederschlagsstationen ..... 31

Tabelle 1.5.1: Wasserkraftwerke an der Mur und Zubringer in Österreich ..... 37

Tabelle 2.1.1.1: Jahresniederschlagssummen für die verfügbaren Stationen – Mittelwert, Maximum und Minimum ..... 41

Tabelle 2.1.2.1: Niederschlagstrends für 99 Stationen ..... 49

Tabelle 2.1.3.1: Mittlere, minimale und maximale Temperaturen für den gesamten verfügbaren Zeitraum ..... 53

Tabelle 2.1.4.1: Temperaturrend bei den verfügbaren Stationen ..... 55

Tabelle 3.1.1.1: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 2055 Gestüthof (Mur) ..... 59

Tabelle 3.1.1.2: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 2170 St. Georgen/Mur ..... 61

Tabelle 3.1.1.3: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 2400 Zeltweg (Mur) ..... 63

Tabelle 3.1.1.4: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 2700 Leoben (Mur) ..... 65

Tabelle 3.1.1.5: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 3100 Bruck (Mur) ..... 67

Tabelle 3.1.1.6: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 3397 Graz (Mur). ..... 69

Tabelle 3.1.1.7: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 3870 Spielfeld (Mur). ..... 71

Tabelle 3.1.1.8: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 3902 Mureck (Mur). ..... 73

Tabelle 3.1.1.9: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 2940 Neuberg (Mürz) ..... 75

Tabelle 3.1.1.10: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 3001 Kindthal (Mürz) ..... 77

Tabelle 3.1.1.11: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 3082 Kapfenberg (Mürz)..... 79

Tabelle 3.1.1.12: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 3670 Voitsberg (Kainach)..... 81

Tabelle 3.1.1.13: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 3701 Lieboch (Kainach)..... 83

Tabelle 3.1.1.14: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 3791 Gleinstätten (Sulm)..... 85

Tabelle 3.1.1.15: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 3856 Leibnitz (Sulm)..... 87

Tabelle 3.1.1.16: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel SI 1060 Gornja Radgona (Mur)..... 89

Tabelle 3.1.1.17: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel SI 1070 Petanjci (Mur) ..... 91

Tabelle 3.1.1.18: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel SI 1140 Pristava (Ščavnica)..... 93

Tabelle 3.1.1.19: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel SI 1220 Polana (Ledava) ..... 95

Tabelle 3.1.1.20: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel HR 5044 Mursko Središće (Mur) ..... 97

Tabelle 3.1.1.21: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel HR 5035 Goričan (Mur)..... 99

Tabelle 3.1.1.22: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel HR 5026 Jendrašiček (Trnava)..... 101

Tabelle 3.1.1.23: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel H 360 Letenye (Mur)..... 103

Tabelle 3.1.1.24: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel H 364 Tormafölde (Kerka) ..... 105

Tabelle 3.1.3.1: Minimale Tagesdurchflüsse (in m<sup>3</sup>/s) für die Pegel Graz im Februar 1985 (erste Spalte), Spielfeld im Januar 1985 (zweite Spalte) und Mureck im Februar 1987 (dritte Spalte) . 111

Tabelle 3.1.4.1: Q95% (in m<sup>3</sup>/s), berechnet auf Basis von Tagesmittelwerten ..... 116

Tabelle 3.1.5.1: Korrelationen zwischen den Pegeln ..... 119

Tabelle 3.2.1: Ergebnisse der Berechnung des spezifischen Durchflusses ..... 121

Tabelle 3.3.1.1: Errechnete Parameter des F-Tests und des T-Tests für ausgewählte Pegel ..... 124

Tabelle 3.3.1.2.: Ergebnisse des F-Tests und des T-Tests für ausgewählte Pegel (H<sub>0</sub> – angenommene Nullhypothese; H<sub>a</sub> – angenommene alternative Hypothese) ..... 125

Tabelle 3.3.2.1: Trendfunktion für die mittleren Durchflüsse (rot = negativ; schwarz = positiv) ..... 128

Tabelle 3.4.1.1: Mit verschiedenen Verteilungen geschätzte theoretische Hochwässer für 12 Pegel 134

Tabelle 3.4.1.2: Mit verschiedenen Verteilungen geschätzte theoretische Hochwässer für weitere 12 Pegel ..... 135

Tabelle 3.4.2.1: Gewählte Verteilungen für den jeweiligen Pegel..... 140

Tabelle 3.4.2.2: Ergebnisse der statistischen Auswertungen der jährlichen Hochwasserdurchflüsse 141

Tabelle 3.4.2.3: Maximale Durchflüsse an den Pegeln Gornja Radgona, Petanjci, Mursko Središće, Goričan und Letenye ..... 144

Tabelle 3.5.1.1: Mit verschiedenen Verteilungen geschätzte theoretische Niederwässer für 12 Pegel ..... 147

Tabelle 3.5.1.2: Mit verschiedenen Verteilungen geschätzte theoretische Niederwässer für weitere 12 Pegel ..... 148

Tabelle 3.6.1: Abflussbeiwert für die Mur und ihre Zubringer ..... 150

## **EINLEITUNG**

Die Mur ist ein Grenzfluss, der in Österreich entspringt und durch Slowenien, entlang der slowenisch-kroatischen Grenze und entlang der kroatisch-ungarischen Grenze bis zur Mündung in die Drau fließt. Mehr als die Hälfte des Einzugsgebiets der Mur liegt in Österreich, der Flachlandabschnitt des Flusslaufs gehört zu Slowenien, Kroatien und Ungarn.

Im Rahmen der hydrologischen Studie der Mur wurden von den Auftraggebern – den Staaten, durch die die Mur fließt (Österreich, Slowenien, Kroatien und Ungarn) – hydrologische und meteorologische Daten zur Verfügung gestellt. Die übermittelten Daten wurden im Rahmen der Studie analysiert.

So wurden die Monatsmittelwerte des Durchflusses für 24 Pegel an der Mur und ihren Zubringern (15 in Österreich, 4 in Slowenien, 3 in Kroatien und 2 in Ungarn) sowie die monatlichen Niederschlagssummen für 99 Niederschlagsstationen (83 in Österreich, 2 in Slowenien, 3 in Kroatien und 11 in Ungarn) für den Zeitraum 1961 bis 2005 analysiert. Die mittleren Monatstemperaturen stammen von 15 Stationen (10 österreichische, 2 slowenische, 2 kroatische und 1 ungarische).

Mehrere Datensätze waren unvollständig, an einigen Messstellen begannen die Messungen erst nach 1961. Dies gilt sowohl für die hydrologischen als auch für die meteorologischen Daten.

Für das Projekt wurde ein GIS erstellt, mit dem die Größen der Einzugsgebiete und die Kilometrierung des Flusses ermittelt wurden. Bei den Einzugsgebietsflächen der nationalen Gewässer wurden die Daten des jeweiligen Staates berücksichtigt. Die Daten und einzelnen umfangreichen Bearbeitungen sind in den Anhängen auf der CD dargestellt, die einen Bestandteil dieses Berichts bildet.

# 1 ALLGEMEINE CHARAKTERISTIKA DES EINZUGSGEBIETS DER MUR

## 1.1 Beschreibung des Einzugsgebiets

Die Mur (Slowenisch: Mura, Ungarisch: Mura, Kroatisch: Mura, Prekmurisch - Dialekt des slowenischen Übermurgebietes: Müra, Möra) entspringt in den Radstädter Tauern in Österreich auf einer Höhe von 1.898 m ü. A. Die Mur fließt zunächst in östlicher und nordöstlicher Richtung, ab Bruck an der Mur fließt sie nach Süden, durch Graz und an Spielfeld vorbei bis zur österreichisch-slowenischen Grenze. Entlang der Grenze fließt sie bis Radkersburg, anschließend durch Slowenien und entlang der slowenisch-kroatischen Grenze bis zur kroatisch-ungarischen Grenze und an dieser entlang, worauf sie bei Legrad auf einer Höhe von 130 m ü. A. als linker Zufluss in die Drau mündet. Entlang des Flusslaufs durchquert die Mur verschiedene Höhenstufen (Bild 1.1.1). Ihre Gesamtlänge beträgt 468,8 km, davon 325,5 km in Österreich, 33,5 km entlang der österreichisch-slowenischen Grenze, 27,7 km in Slowenien, 31,6 km entlang der slowenisch-kroatischen Grenze sowie 50,5 km entlang der kroatisch-ungarischen Grenze. Das gesamte Einzugsgebiet umfasst 14.371 km<sup>2</sup>, davon 10.341 km<sup>2</sup> in Österreich, 1.400 km<sup>2</sup> in Slowenien, 590 km<sup>2</sup> in Kroatien und 2.040 km<sup>2</sup> in Ungarn.

An der Mur liegen folgende größere Ortschaften: Murau, Judenburg, Leoben, Bruck, Graz, Mureck, Gornja Radgona, Radenci und Mursko Središće.

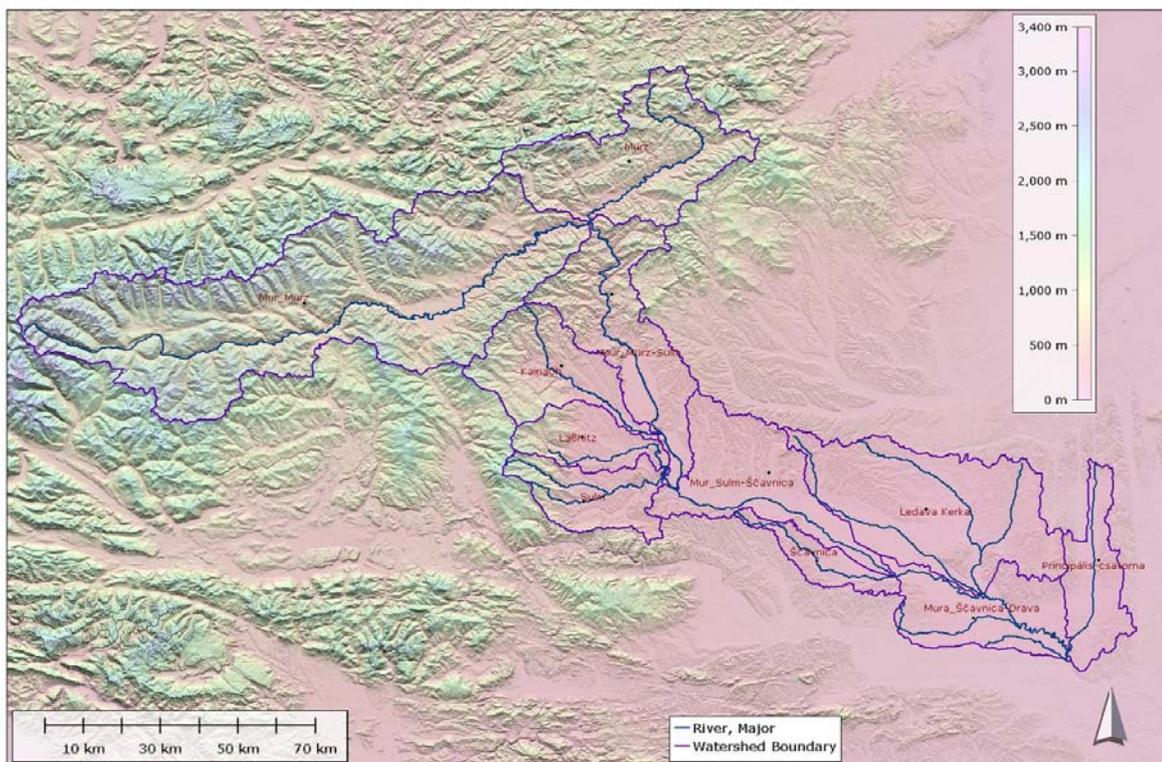


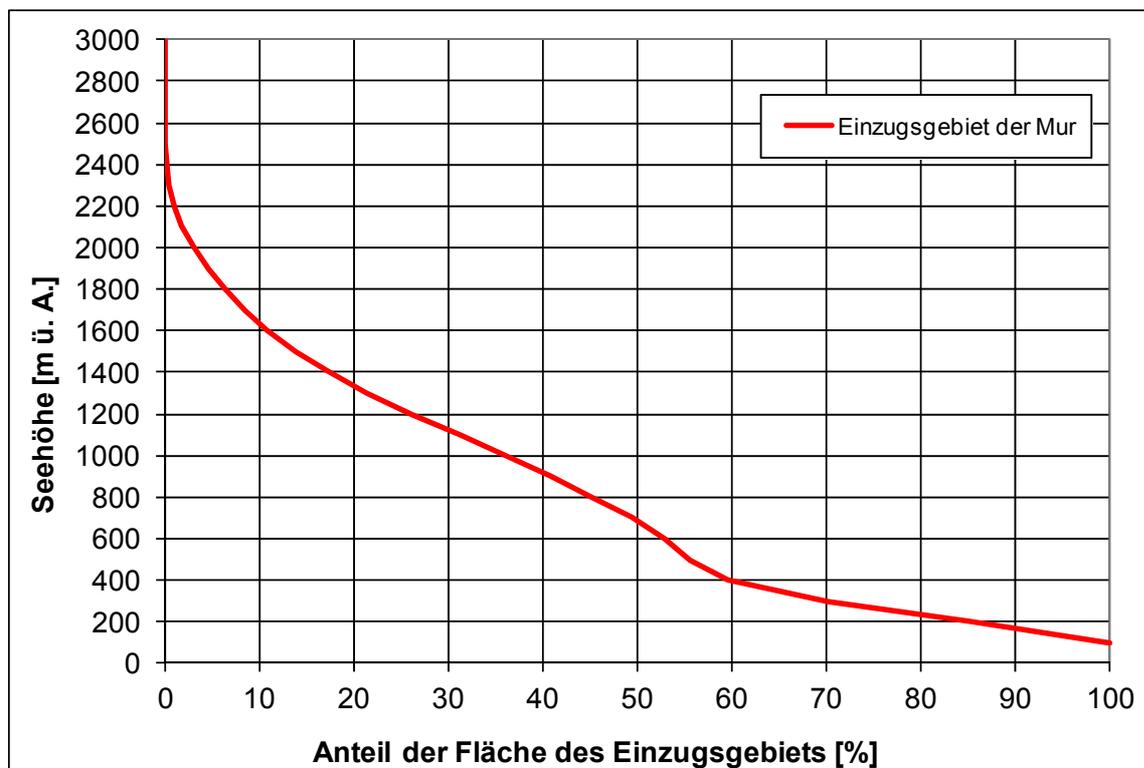
Bild 1.1.1: Relief des Einzugsgebiets der Mur

Aufgrund der unterschiedlichen Seehöhen entlang des Flusslaufs ergeben sich verschiedene klimatische Zonen die das Abflussregime beeinflussen. Das Verhältnis zwischen der Seehöhe und der Fläche des Einzugsgebiets wird in Bild 1.1.2 gezeigt.

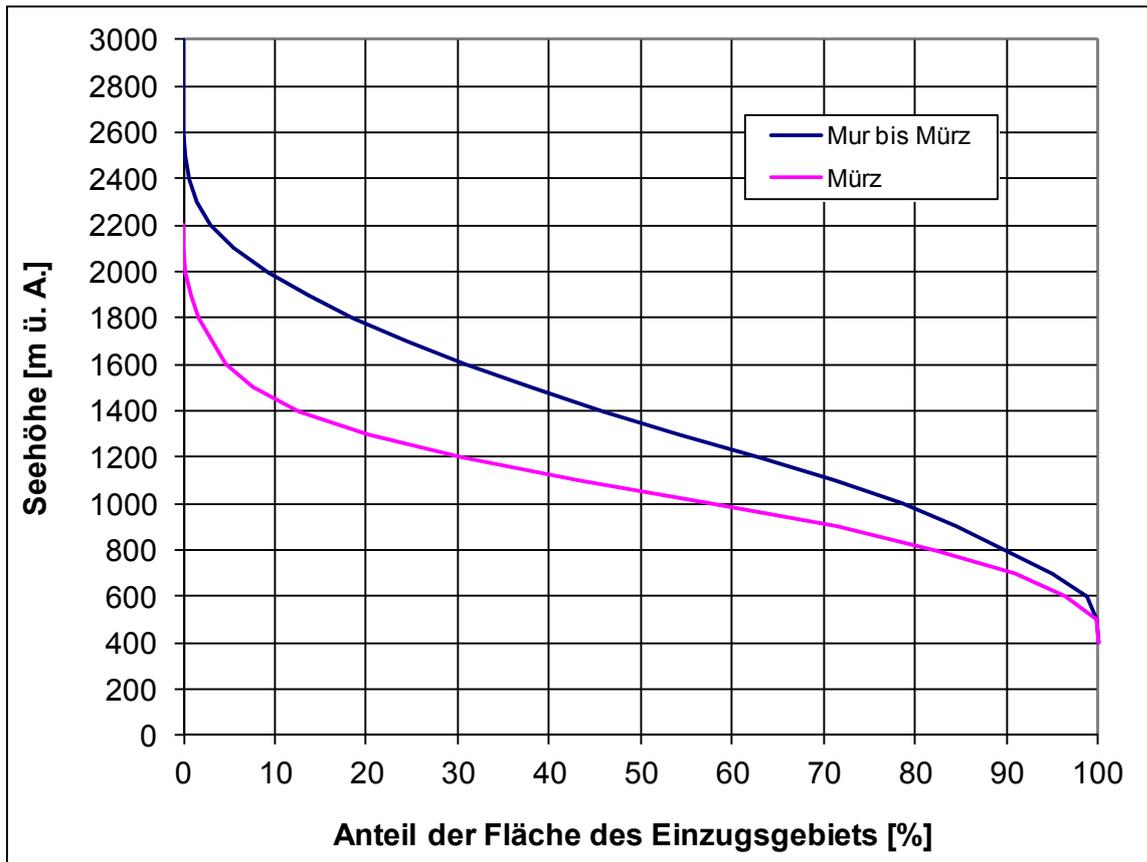
Die Seehöhe des Einzugsgebiets beträgt zwischen 130 und 3.076 m ü. A. Die Verhältniskurve zwischen Seehöhe und Anteil des Einzugsgebiets zeigt einen charakteristischen Wendepunkt bei 400 m ü. A. und 60% der Fläche des Einzugsgebiets (Bild 1.1.2a). Gemäß den topographischen, morphologischen und hydrologischen Eigenschaften wurde das Einzugsgebiet in drei Bereiche gegliedert:

- Der Oberlauf umfasst den alpinen Bereich mit einer Seehöhe ab 470 m ü. A. und reicht vom Ursprung der Mur bis zur Einmündung der Mürz.
- Der Mittellauf der Mur umfasst das Einzugsgebiet zwischen der Mürz und der Sulm.
- Der Unterlauf beginnt ab der Einmündung der Sulm und reicht bis zur Mündung der Mur in die Drau.

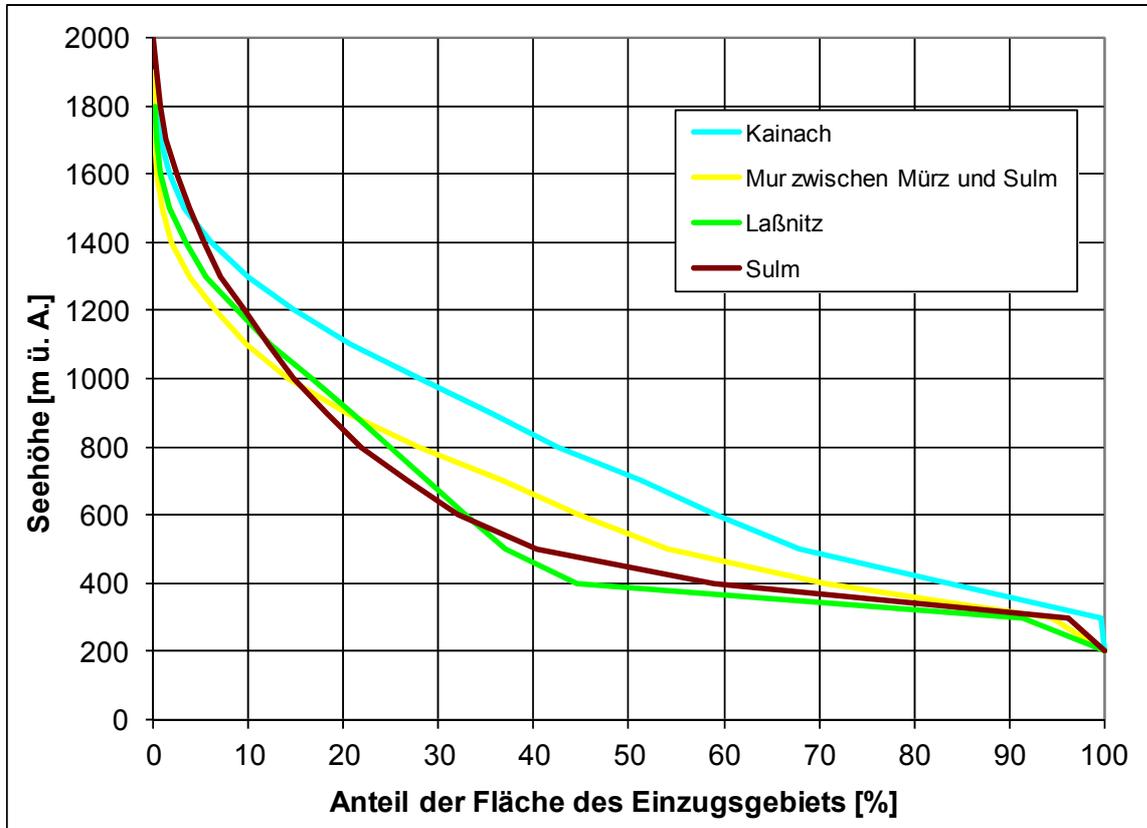
Der Oberlauf und der mittlere Abschnitt des Einzugsgebiets umfassen alpines Berg- und Hügelland am Übergang zur pannonischen Tiefebene; beide befinden sich vollständig in Österreich. Der untere Abschnitt des Einzugsgebiets der Mur umfasst vor allem den im pannonischen Tiefland liegenden Bereich des Einzugsgebiets, welcher sich in allen vier Staaten befindet: Österreich, Slowenien, Kroatien und Ungarn.



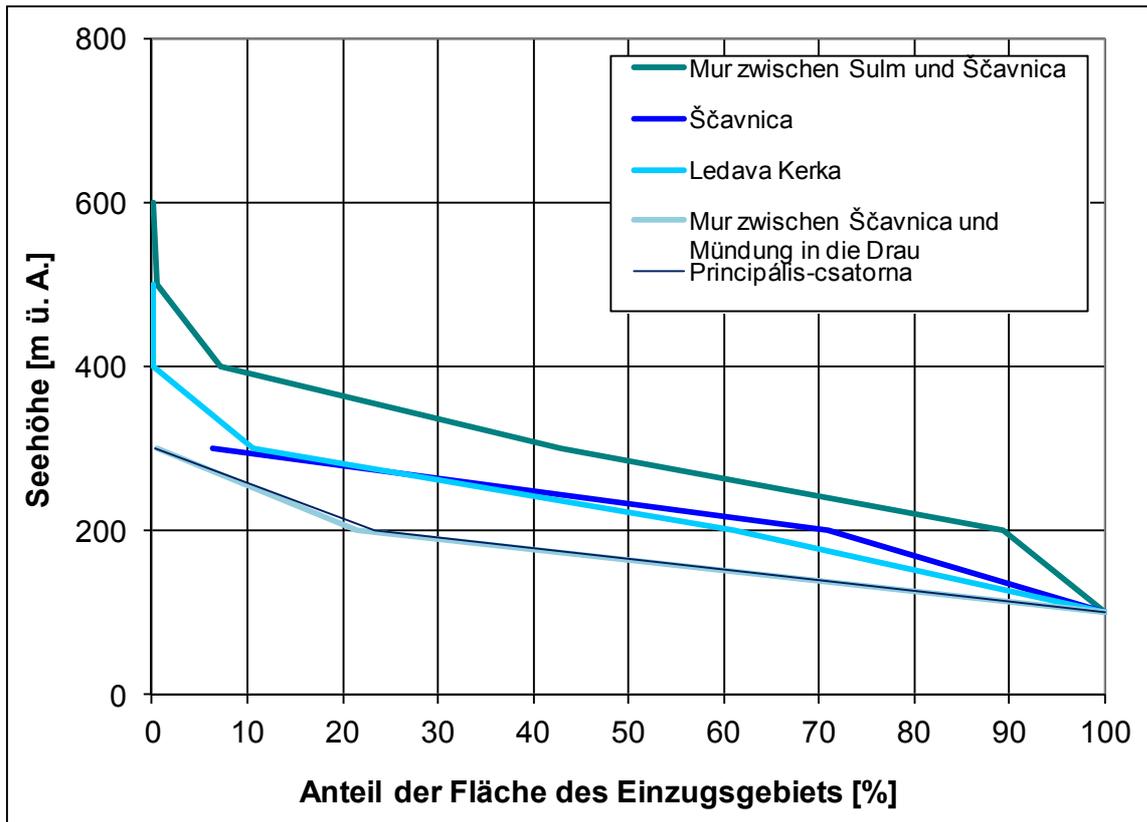
a) Gesamtes Einzugsgebiet der Mur



b) Oberlauf der Mur



c) Mittellauf der Mur



d) Unterlauf der Mur

Bild 1.1.2: Verhältnis zwischen Seehöhe und Anteil der Fläche des Einzugsgebiets (in %) für die einzelnen Abschnitte des Einzugsgebiets der Mur

Die Größe des Einzugsgebiets der Mur entlang des Flusslaufs ist in Bild 1.1.3 und in Tabelle 1.1.1 dargestellt. Das Bild zeigt, dass die Kerka die größte Einzugsgebietsfläche aller Zubringer aufweist.

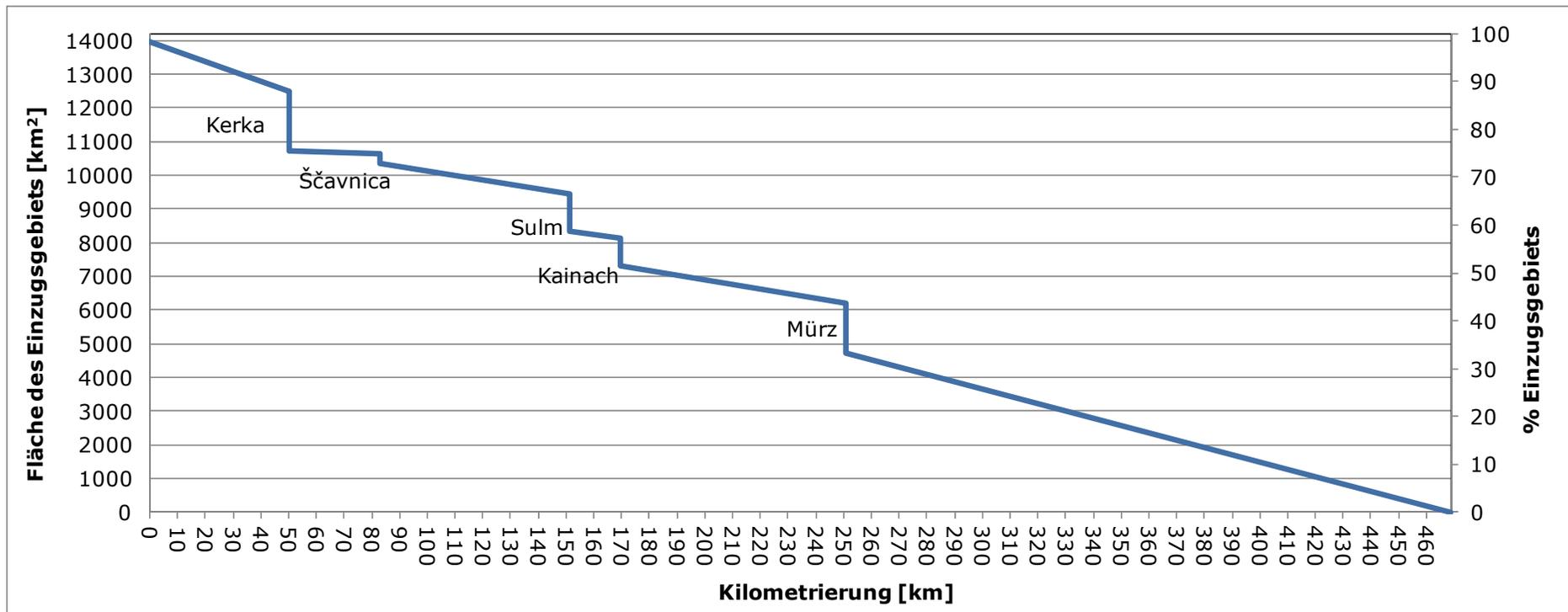


Bild 1.1.3: Größe der Einzugsgebietsflächen entlang der Mur

HYDROLOGISCHE STUDIE DER MUR

Tabelle 1.1.1: Charakteristika des Einzugsgebiets der Mur

Gewässer	Seite des Vorfluters	Gesamt-fläche [km <sup>2</sup> ]	Seehöhe der Quelle/ Einmündung [m ü. A.]	Seehöhe der Einmündung [m ü. A.]	Flußlänge [km]	Höhen- unterschied [m]	Gefälle [‰]
Mur zwischen der Quelle und der Einmündung der Mürz		4711	1898	476	218	1422	6.5
Mürz	links	1506	895	476	83.3	419	5.0
Mur zwischen der Einmündung der Mürz und der Einmündung der Kainach		1081	476	293	81.3	183	2.3
Kainach	rechts	853	1723	293	64.3	1430	22.2
Mur zwischen der Einmündung der Kainach und der Einmündung der Sulm		181	293	259	18.2	34	1.9
Sulm	rechts	1122	1718	259	64.3	1459	22.7
Mur zwischen der Einmündung der Sulm und der Einmündung der Ščavnica		887	259	173	68.4	86	1.3
Ščavnica	rechts	293	376	173	58.4	203	3.5
Mur zwischen der Einmündung der Ščavnica und der Einmündung der Kerka		92	173	147	32.4	26	0.8
Kerka	links	1762	359	147	69.3	212	3.1
Mur zwischen Einmündung der Kerka und Mündung in die Drau		1490	147	130	50.4	17	0.3

### 1.1.1 Oberlauf der Mur

Das Gebiet des Oberlaufs der Mur reicht von der Quelle bis zum Zusammenfluss mit der Mürz. Die Seehöhe des Gebiets beträgt zwischen 3076 und 470 m ü. A. (Bild 1.1.2.). Die Einzugsgebietsfläche beträgt inklusive jenem der Mürz 6.217 km<sup>2</sup> und umfasst folgende Gebirgsformationen: Hohe Tauern, Niedere Tauern, Gurktaler Alpen, Seetaler Alpen, Mürztaler Alpen, Eisenerzer Alpen und Fischbacher Alpen (Quelle: Annex V).

Das Landschaftsbild ist durch Trogtäler, Kare und Gebirgskämme geprägt. Im südlichen Teil der Schladminger Tauern sind der langgestreckte Verlauf von Gratzügen, die vom Hauptkamm abzweigen, und die höchsten Erhebungen (Preber, Roteck) auffallend.

Die Niederen Tauern sind vorwiegend aus kristallinen Schiefen (Gneise, Glimmerschiefer, Phyllite, Marmore) aufgebaut. Der nordwestliche Abschnitt (an der Landesgrenze zwischen Steiermark und Salzburg) zeigt über der kristallinen Basis einen Aufbau aus Quarziten, Rauhwacken und Kalken des zentralalpiner Mesozoikums. Im Osten, im Bereich der Seckauer Tauern, treten zum Liesingtal hin Gesteine der Rannachserie sowie der Grauwackenzone (Kalke, Phyllite) auf.

Der Bereich westlich von St. Lorenzen o. M. ist zum größten Teil von kristallinen Schiefen (Gneise, Glimmerschiefer, Phyllite, Tonschiefer) geprägt. Im Bereich der Turrach und des Kreischberges kommen noch Gesteine der zentralalpiner Trias (Stangalmmesozoikum - MOA) und des Jungpaläozoikums in Form der Paaler Konglomerate und der Werchzirmschichten hinzu.

Die Seetaler Alpen erstrecken sich südlich des Murtales zwischen dem Neumarkter Sattel im Westen und dem Obdacher Sattel im Osten. Morphologisch charakteristisch für diesen Gebirgsstock ist die Ausbildung von größeren Karen (Frauenlacke, Winterleiten, Lavantursprung) mit Karseen. Der Aufbau dieses Gebietes ist in erster Linie auf Gneise, Glimmerschiefer, Amphibolite und Marmore, die im Nord- und Nordostrand vorkommen, beschränkt, sowie im Bereich der oben erwähnten Kare durch Moränen geprägt.

Die Grebenzen nimmt aufgrund ihres geologischen Aufbaus als Karststock eine Sonderstellung innerhalb der Gurktaler Alpen ein. Die Schichtfolge des Gebietes gliedert sich zuerst in die zutiefst liegenden Murauer Kalke, welche seitlich in Kalke mit phyllitischen Häuten, Kalkschiefer, Kalkphyllit und schließlich in Phyllit mit Kalklagen übergehen. Karstgebiete zeichnen sich im Allgemeinen durch das Fehlen der Oberflächenentwässerung, rasche Infiltration des Niederschlages und die Ausbildung eines Kluft- bzw. Karstwasserkörpers aus. Letzterer hat starke und meist ergiebige Quellen an Kontakten zu nicht verkarstem Gestein zur Folge.

In das Kristallin der Mürztaler Alpen (Troiseck-Floning-Zug, Kletschachkogel) sind örtlich Karbonate des zentralalpiner Mesozoikums eingebaut, die in geringem Maße Verkarstungserscheinungen aufweisen, an welche auch Quellen mittlerer Größe gebunden sind, die zur örtlichen und regionalen Wasserversorgung genutzt werden (z. B. St. Marein i. M.).

Die Beckenfüllung des Beckens von Trofaiach besteht aus einer Wechselfolge von Lehmen, Sanden, Mergeln und Kiesen. Entsprechend dieser lithologischen Vielfalt ist auch die Ergiebigkeit der Grundwasservorräte stark wechselnd, was dazu führt, dass die Wasserversorgung in erster Linie aus Quellen aus dem das Becken umrandenden Bergen erfolgt.

Den größten Teil der Fischbacher Alpen nehmen kristalline Schiefer ein. Etwa ab Wartberg in Richtung Osten treten im Bereich des Nordrandes der Fischbacher Alpen sowie etwa östlich von Spital a. S. Gesteine des Semmeringmesozoikums (zentralalpines Mesozoikum) mit Karbonaten und Quarziten auf.

Im Gebiet der Stubalpe, der Gleinalpe und der Hochalpe überwiegen metamorphe Schiefer (Gneise i. Allg., Glimmerschiefer), kristalline Kalke (Salla-Marmor), Amphibolite und, beschränkt auf die nördlichsten Anteile zum Murboden hin, Serpentine. Im Bereich Kraubath - Lobming - St. Michael überwiegen Karbonate (Triebensteinkalk), Schiefer (Graphitkarbon) der Grauwackenzone und Sedimente des Tertiärs.

### **1.1.2 Mittellauf der Mur**

Das Einzugsgebiet des Mittellaufs der Mur umfasst die Koralpe, Stubalpe, Gleinalpe und das Grazer Bergland. Das Einzugsgebiet befindet sich auf einer Seehöhe von 200 bis 2.000 m ü. A. (Bild 1.1.2). Die Einzugsgebietsfläche dieses Abschnitts beträgt 4.330 km<sup>2</sup>. In diesem Abschnitt münden folgende größeren Zuflüsse in die Mur: Übelbach (117 km<sup>2</sup>), Sulm (1.117 km<sup>2</sup>) und Kainach (853 km<sup>2</sup>). Das Gebiet verbindet die Alpen und die Pannonischen Tiefebene; in einem Bereich weist es Merkmale des Oberlaufs der Mur auf, der andere, ebene Bereich zeigt hingegen starke Einflüsse der Pannonischen Tiefebene (Quelle: Annex V).

Charakteristisch für die Koralpe ist die Ausbildung von weitläufigen Karen mit glazialen Bildungen in Form von Moränen und Mooren (Garanas) sowie die Ausbildung einer mächtigen Verwitterungsschwarte (teils über 30 m). Die Lokalvergletscherung der Koralpe führte zwar nicht zu langen Talgletschern, bewirkte aber dennoch eine bedeutende Umgestaltung der Landschaft. Am Aufbau der Koralpe sind Gneise im Allgemeinen, Plattengneise, Pegmatite, Amphibolite, Eklogitamphibolite, Glimmerschiefer und untergeordnet Marmore beteiligt. Vor allem im Bereich des Ostrand es sind weit in die in Richtung Osten führenden Gräben und Täler tertiäre Sedimente in Form von Schwanberger Blockschutt (Baden) eingebettet.

Der westlichste Bereich des Grazer Berglandes erstreckt sich beiderseits des Gradenbachtals in einem schmalen Streifen zwischen dem Kristallin der Stubalpe und der Kainacher Gosau. Das Grazer Paläozoikum wird vom Altkristallin unterlagert, der Durchbruch der Mur durch das Steirische Randgebirge rollt sowohl die tektonische Entwicklung dieses Raumes als auch dessen hydrogeologische Position auf. Der kalkigen Fazies des Grazer Paläozoikums sind alle Probleme der Verkarstung, mit quantitativ-qualitativen Fragestellungen, nicht zuletzt auch jener der Alimentation von Grundwässern in den jungen Talalluvionen durch Karstwässer eigen.

Im westlichsten Abschnitt (Gradnerbach) treten vorwiegend Kalke, Dolomite und Phyllite auf, wodurch auch die unterschiedliche Wasserführung bzw. die Ergiebigkeit von Quellen begründet wird. Vielfach erfolgt eine direkte Alimentation der Talgrundwässer (des Gradenbachtals) über die verkarsteten Bereiche.

Dank der günstigen geographischen Lage stehen im Oberlauf und im mittleren Abschnitt der Mur in der Regel ganzjährig ausreichende Niederschlagsmengen zur Verfügung. Bedingt durch orographische Einflüsse erreichen die Jahressummen des Niederschlages in den Hochgebirgsgebieten mitunter mehr als 2000 mm (Station 2918 Niederalpl, Tabelle 2.1.1.1, Annex VII).

Das Jahresmittel der Lufttemperatur an den Pegeln in den Gebirgsregionen unterscheidet sich stark wegen der herbstlich-winterlichen Temperaturumkehr. In den ebenen Bereichen der Mittleren Mur sind die klimatischen Verhältnisse ähnlich wie im Bereich der Unteren Mur.

### **1.1.3 Unterlauf der Mur**

Das Einzugsgebiet des Unterlaufs der Mur umfasst das Hügelland zwischen Mur und Raab, das Weststeirische Becken, das Weststeirische Hügelland, die Region Pomurje, das Einzugsgebiet der Kerka sowie die Region Međimurje. Das Einzugsgebiet befindet sich auf einer Seehöhe von 100 bis 600 m ü. A. (Bild 1.1.2.), die gesamte Einzugsgebietsfläche dieses Abschnitts beträgt 3.700 km<sup>2</sup>. In diesem Abschnitt hat die Mur folgende größeren Zuflüsse: Gnasbach 121 km<sup>2</sup>, Ščavnica 293 km<sup>2</sup>, Principáliskanal 609 km<sup>2</sup>, Kerka 1.762 km<sup>2</sup> und Trnava 264 km<sup>2</sup>. Es handelt sich um ein teils hügeliges Gebiet und teils um Flachland mit umfangreichen alluvialen Aquiferen an der Mur (Quelle: Annex V).

Das Steirische Becken ist ein jungtertiäres Einbruchsbecken, welches vom Pannonischen Becken durch die Südburgenländische Schwelle getrennt ist. Die Sedimentation vom Oligozän bis in das Pliozän ist durch synsedimentäre Tektonik, marine Transgressionen im Karpat und Baden sowie Regression im Sarmat gekennzeichnet.

Die Basis der tertiären Beckenfüllung bilden Karbonate und Phyllite des Grazer Paläozoikums, alpines Kristallin und – beschränkt auf den Raum von Bad Radkersburg – mesozoische Sedimentgesteine.

Das Hügelland zwischen Mur und Raab, auch als Grabenland bezeichnet, ist der Bereich südlich und südwestlich des Raabtales bis zum Murtal (Grazer Feld, Leibnitzer Feld, Unteres Murtal). Gekennzeichnet ist dieser Teil des Oststeirischen Tertiärbeckens durch langgezogene, in Nord-Süd-Richtung verlaufende Rücken mit einer deutlich ausgebildeten Talasymmetrie mit steilen Westflanken und flachen Ostflanken. Typisch für dieses Gebiet sind die Neigung zu Hangrutschungen und die Gliederung der Oberhänge durch Dellen sowie der Unterhänge durch steile Tobel. Der Großteil der Landschaftsgestaltung ist auf eiszeitliche Einflüsse zurückzuführen.

Innerhalb des Steirischen Beckens treten neben marinen und limnisch-fluviatilen Sedimenten (Aquifere sind Sande, Kiese, Kalksandsteine) auch ausgedehnte Vulkanitkörper auf. Innerhalb des Riedellandes kann geologisch zwischen den jüngeren marinen Ablagerungen im Norden und den älteren limnisch-fluviatilen Ablagerungen im Süden unterschieden werden. Die Riedel sind sehr stark zerschnitten und gehen nach unten oftmals in ältere Terrassen über.

In der Pannonischen Tiefebene überwiegen metamorphe und magmatische Gesteine mit tertiären Sedimenten. Entlang der Mur gibt es mehrere kiesgefüllte Täler mit kalkfreien Böden.

Orographisch ist die Region Pomurje an den slowenischen Abschnitt des Mur-Einzugsgebietes gebunden, welches – im Vergleich zum bergigen Abschnitt des Oberlaufs – bereits in die Hügellandgebiete Goričko, Slovenske gorice (Windische Bühel) und Lendavske gorice sowie in die Ebenen Apaško polje, Mursko polje und Ljutomersko polje reicht. Im Westen des Hügellandes Goričko sowie im Bereich des Hügellandes Slovenske gorice und des Hügellandes Ljutomerske gorice überwiegen undurchlässige Mergel und sandige Lehme mit Einlagerungen schluffiger Sande. Im Osten des Hügellandes Goričko, vor allem im Einzugsgebiet der Kerka, überwiegen Sande und Kiese, die von starken Verwitterungstonschichten überdeckt sind. Der pleistozäne Deckenschotter der Ebene Apaško polje und die quartären Sand- und Kiesablagerungen der Ebene Mursko-Ljutomersko polje sind ein bedeutender Grundwasserspeicher dieses Gebietes (ARSO – Umweltagentur der Republik Slowenien, 2003).

Im Bereich der Region Međimurje befand sich im Pliozän das Pannonische Meer. Die Flüsse, die in das Meer mündeten, trugen große Mengen von Kies und Schlamm mit sich, welcher sich mit Meeressedimenten vermischte. So bildeten sich dicke Schichten verschiedenartiger Lehme, Tone, Mergel, Kalke, Sande und Kiese. Deswegen überwiegen hier junge und wenig widerstandsfähige Ablagerungen.

Die einzige feste Ablagerung besteht aus miozänen Sandsteinen und Konglomeraten sowie Kalkstein des mittleren Miozän. Durch die tektonischen Verschiebungen im späten Terziär wurden die tertiären Ablagerungen aus dem Miozän und Pliozän vermischt. Nachdem das Pannonische Meer nach Osten zurückwich, entwickelte sich der Wasserfluss in zwei Richtungen, die Mur orientierte sich nach Südosten.

Zwischen dem slowenisch-međimurischen Hügelland und dem Hügelland der Region Prekmurje erstreckt sich beidseitig der Mur die Murebene, die in der Region Podravina in die große Pannonische Tiefebene übergeht. Rechtsseitig der Mur besteht eine Diluvialterrasse älterer Entstehung, die sich an das Hügelland von Međimurje anlehnt. Den übrigen Teil der Murebene bildet ein Alluvialtal, das sich flussabwärts von Leibnitz ausweitet und bei Ljutomer eine Breite von etwa 20 km erreicht. Die Alluvionen beidseitig der Mur bestehen aus Kies und Sand, ihre Zusammensetzung ist sowohl im horizontalen als auch im vertikalen Querschnitt veränderlich.

Der Westteil dieses Gebietes ist von kegelförmigen Ablagerungen der Alten Mur und der Kerka aus dem frühen Pleistozän überdeckt, die durch Strukturbewegungen und Erosionsprozesse in verschiedenem Maße gegliedert

wurden. Unter den schollig hervortretenden Schwemmkegeln befindet sich ein Senkungsbereich aus dem Jungpleistozän. Der Bereich des Beckens, das noch immer absinkt, wird von einer mehr als 50 m dicken Schicht von Flussablagerungen überdeckt, die aus den kegelförmigen Ablagerungen der Alten Mur stammen. Der zentrale Bereich ist vorwiegend von Lehmablagerungen aus der Eiszeit überdeckt. Der breite Talboden (1 - 3 km) und die Talhänge sind vorwiegend von kreuzweise geschichtetem Flusssand aus dem jüngeren Pleistozän und Lehmablagerungen aus der Eiszeit überdeckt. Von regionaler Bedeutung ist neben dem braunen Lehmboden aus der Eiszeit, der die pannonische Grundlage überdeckt, auch die Verbreitung von Lößböden und Lößablagerungen. Unmittelbar am Flussbett der Mur befinden sich Ablagerungen aus dem jüngeren Pleistozän und die Murauen aus dem späteren Holozän. Den wichtigsten Bestandteil der Gesteinszusammensetzung bildet der angeschwemmte Schotter, den die Alte Mur in ihrem ungefähr 20 km breiten Bett ablagerte.

Der größte Zubringer im Einzugsgebiet der Mur in Slowenien ist neben dem Fluss Ščavnica (293 km<sup>2</sup>) die Ledava (891 km<sup>2</sup>), die in die Kerka (1.762 km<sup>2</sup>) mündet. Die beiden größten Zuflüsse der Mur im kroatischen Gebiet sind die Trnava mit einer Einzugsgebietsfläche von 264 km<sup>2</sup> und der Bistrec mit einer Einzugsgebietsfläche von 142 km<sup>2</sup>.

Die klimatischen Verhältnisse im Gebiet der Unteren Mur sind wesentlich anders als in den gebirgigen Bereichen des Oberlaufs und der Mittleren Mur. Die geringe Seehöhe ermöglicht höhere Jahrestemperaturen, die sich zwischen 8 °C im Osten und 10 °C im Westen bewegen. Die Jahressummen des Niederschlages betragen für das Einzugsgebiet der Mittleren Mur mitunter nur 650 mm. Die geringsten Niederschläge sind im Januar oder Februar, die größten in den Sommermonaten Juni und Juli zu verzeichnen.

## 1.2 Übersichtskarte des Einzugsgebiets der Mur

Gemäß Projektaufgabe wurde eine digitale Übersichtskarte des Einzugsgebiets der Mur erstellt (Gewässernetz, Lage der Pegel und Niederschlagsstationen, Einzugsgebietsgrenzen für die gesamte Mur und ihrer Zubringer sowie sonstige bedeutende hydrologische Parameter im Maßstab 1:200.000). Die Auftraggeber haben für die Erstellung der digitalen Übersichtskarte die verfügbaren GIS-Daten aus den jeweiligen Staaten für die weitere Bearbeitung übermittelt; manche zusätzliche Daten wurden aus dem Internet gewonnen.

Bei der Erstellung der digitalen Karte des Einzugsgebiets der Mur wurden folgende Daten verwendet:

### - Österreich

Aus Österreich wurden GIS-Daten im Format \*.shp zur Verfügung gestellt: Niederschlagsstationen, Kraftwerke, Gewässernetz, große Einzugsgebiete, Einzugsgebiete > 10 km<sup>2</sup> und das Gewässernetz der Mur in Salzburg. Die an uns übermittelten Projektionen geographischer Daten waren unterschiedlich: geographische Projektion (Breite, Länge), MGI\_Austria\_GK\_M31, WGS\_1984\_UTM\_Zone\_33N und Lambert Conformal Conic. Alle diese Daten wurden auf das globale europäische Koordinatensystem Universal Transverse Mercator Zone 33 (UTM33), ETRS89-Datum, überführt, das für die europäische Zone vom 12. Längengrad Ost bis zum 18. Längengrad Ost gilt.

### - Slowenien

Aus Slowenien wurden Daten in Vektorform vom Autodesk-CAD für die Strommittellinien und Einzugsgebietsgrenzen verwendet. Diese Daten wurden vor Jahren an der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Universität Ljubljana aus Karten im Maßstab 1:25.000 digitalisiert. Die Daten in Slowenien werden im Gauß-Krüger-Koordinatensystem, Balkan-Zone 5 (Slovenia D48), MGI-Datum, Scale Factor 9.9999 geführt. Die Standorte der Niederschlagsstationen und Pegel wurden als \*.txt-files in geographischen Koordinaten erhalten. Diese Daten wurden ebenfalls in UTM 33, ETRS89-Datum überführt.

### - Kroatien

Von Hrvatske vode (Kroatische Gewässer) wurden im Format \*.shp übermittelt: sliv, vode-p und vodotoci. Die Daten der Standorte der Niederschlagsstationen und Pegel wurden in \*.xls-Dateien in Form von geographischen Koordinaten zur Verfügung gestellt, die anschließend in das GIS überführt wurden. In Kroatien wird das Gauß-Krüger-Koordinatensystem verwendet (Hrv\_5zona), daher wurden auch diese Daten auf UTM 33, ETRS89-Datum transformiert.

### - Ungarn

Aus Ungarn wurden folgende GIS-Daten im Format \*.shp zur Verfügung gestellt: catchment\_mura, catchment\_mura\_big\_rivers, catchment\_mura\_riverbodys und rivers\_mura. Die Daten in Ungarn basieren auf dem Koordinatensystem HD\_1972\_Egysegges\_Orszagos\_Vetuleti. Schlussendlich wurden auch diese Daten in UTM 33, ETRS89-Datum transformiert.

Die erhaltenen Daten wurden in verschiedenen Koordinatensystemen erfasst. Jeder Staat führt Daten in seinen eigenen lokalen Koordinatensystemen, die sich von den anderen unterscheiden. Deshalb bestand die erste Aufgabe darin, die erhaltenen Daten in ein einheitliches globales Koordinatensystem zu transformieren. Hierzu wurde Universal Transverse Mercator Zone 33 - UTM 33, ETRS89-Datum gewählt. Es wäre auch möglich gewesen, die Lambertsche Schnittkegelprojektion (Lambert Conformal Conic) zu wählen; da aber das gesamte Einzugsgebiet der Mur zentral in der Zone 33 liegt, fiel die Entscheidung auf die ebene Projektion UTM33. UTM33 ist gültig zwischen 12. und 18. Grad Ost mit dem zentralen Meridian 15 Grad, was etwa in die Mitte des Einzugsgebiets der Mur fällt. Für das geodätische Datum standen das World Global System 1984 (WGS84) und das Europäische Terrestrische Referenzsystem aus dem Jahre 1989 (ETRS89) zur Wahl. Das WGS84 ist globaler und wird in der GPS-Navigation verwendet, im europäischen Raum ist allerdings das ETRS89 wegen seiner höheren Genauigkeit geeigneter. Das ETRS89 ist ein geodätisches kartesisches ECEF-Bezugssystem (ECEF: Earth-Centered, Earth-Fixed) und für die gesamte eurasische Kontinentalplatte statisch. Dies bedeutet, dass Koordinaten und Karten in Europa, die auf dem ETRS89 basieren, nicht der Kontinentalverschiebung unterliegen. Im Maßstab 1 : 200.000 betrachtet ist dies natürlich vernachlässigbar, so dass man auch bei einer Wahl des WGS84 richtig läge.

Durch die Überführung auf das gemeinsame Koordinatensystem UTM33/ETRS89 wurden alle diese Raumdaten des Einzugsgebiets der Mur koordinatenmäßig vereinheitlicht bzw. positionsmäßig homogenisiert.

### **1.2.1 3-D-Geländemodell**

Für die dreidimensionale Darstellung des Geländes, die Berechnung, Umrechnung und Kontrolle der Einzugsgebietsgrenzen sowie die Umrechnung der Höhenbeziehungen im Einzugsgebiet der Mur wurden die NASA-Daten des digitalen Geländemodells SRTM verwendet.

Global standen für das gesamte Einzugsgebiet der Mur die 3-D-Geländemodelle ASTER GDEM und NASA-SRTM zur Auswahl. GDEM hat eine Auflösung von 30 m, SRTM hat eine geringere Auflösung von 60 m. Bei der Überprüfung der Genauigkeit und einem gegenseitigen Vergleich beider Modelle wurde festgestellt, dass selbst wenn die Daten des amerikanisch-japanischen ASTER-GDEM aktueller sind (sie stammen aus dem Jahr 2009) und eine Auflösung 30 m aufweisen, sie vorerst noch zu viele Unzulänglichkeiten enthalten. Das gesamte Modell ASTER GDEM ist inhomogener als SRTM. So sind die im Jahre 2000 per Radar vom Space Shuttle aus aufgenommenen Daten (Shuttle Radar Topography Mission - SRTM) noch immer die genauesten für die Verwendung in der Hydromorphologie.

### **1.2.2 Abgrenzung der Einzugsgebiete**

Für die erste Orientierung wurden die Grenzen der großen Einzugsgebiete aus den SRTM-Daten mithilfe des GIS-Programmtools RiverTools ermittelt. Die Einzugsgebietsgrenzen der untergeordneten Einzugsgebiete wurden von den einzelnen Staaten übernommen. Allerdings enden die Einzugsgebietsgrenzen der einzelnen Staaten in vielen Fällen an der Mur oder an den administrativen Grenzen, d. h. an den Landes- und Staatsgrenzen, weshalb diese überlagert und zum Teil auch ergänzt und berichtigt werden mussten. Die Einzugsgebiete für den österreichischen Teil wurden rastermäßig aus einem 3-D-Modell mit einer Auflösung von 25 m generiert und für die Kartendarstellung in vektormäßig kontinuierlichere Linien generalisiert. Im slowenischen Abschnitt der Mur wurden die Einzugsgebiete aus den Höhenlinien von Karten im Maßstab 1:25.000 übernommen. Von ähnlicher Qualität wie in Slowenien sind auch die Einzugsgebiete im kroatischen Abschnitt der Mur. Zum ungarischen Abschnitt ist anzumerken, dass die Einzugsgebiete eher "grob" bestimmt wurden bzw. dass die Daten wohl aus Karten größerer Maßstäbe gewonnen wurden, was aber für die Erstellung einer Karte im Maßstab 1:200.000 dennoch völlig ausreichend ist.

### **1.2.3 Gewässernetz**

Bei der Homogenisierung der Gewässernetze gab es vor allem an den Staatsgrenzen viel manuellen Arbeitsaufwand um die Daten aus verschiedenen Quellen abzustimmen. In den Grenzgebieten kam es durch Kreuzung und teilweise Überdeckung sowie Verschiebung zu Verdoppelungen und sogar Verdreifachungen von Daten. Hier wurden die Daten des jeweiligen Staates übernommen. So wurden z. B. im österreichisch-slowenischen Grenzgebiet auf der slowenischen Seite der Grenze die slowenischen Daten und auf der österreichischen Seite die österreichischen Daten des Gewässernetzes übernommen. Ähnlich an der slowenisch-kroatischen und an der ungarisch-kroatischen Grenze. Die Wasserläufe bzw. ihre Dichte wurden für die Karte 1:200.000 nicht vereinfacht, vielmehr wurden alle Originaldaten einbezogen. So ist im österreichischen Abschnitt in Salzburg und im ungarischen Abschnitt festzustellen, dass nur eine generalisierte Version des Gewässernetzes zur Verfügung steht.

### **1.2.4 Genauigkeit der Längen und der Kilometrierung**

Bei der Abstimmung des digitalen Gewässernetzes durch eine Überlagerung dieser Daten mit Orthofoto-Luftbildaufnahmen und Satellitenbildern wurden Positionsanomalien festgestellt. Diese Nichtübereinstimmungen von Positionen sind wahrscheinlich eine Folge des Alters der Karten bzw. ihrer Aktualisierung. Die Mur wurde in der Vergangenheit reguliert und hat in gewissem Ausmaß auch selbst den Verlauf ihres Flussbetts geändert. Dies bezieht sich vor allem auf den kroatisch-ungarischen und den slowenisch-kroatischen Abschnitt der Mur. Deshalb war es zur Gewinnung der tatsächlichen Längendaten und einer genaueren Kilometrierung der Mur notwendig, die zwischenstaatlichen Abschnitte erneut zu digitalisieren. Der Abschnitt vom Eintritt der Mur aus Österreich nach

Slowenien bis zur Mündung in die Drau wurde neu digitalisiert. Als "Center-Line" in Österreich wurde die österreichische Strommittellinie zwischen beiden Murofern bis zur Quelle übernommen. Diese Linie wurde anschließend überprüft und nur an einigen Stellen korrigiert. Für die Erstellung der Strommittellinie wurden eine Bildschirmvektorisierung und die neuesten Satellitenaufnahmen mit einer Auflösung von 0,6 m - DigitalGlobe 2011 (Worldwide High Resolution Imagery) verwendet (Bild 1.2.4.1).



Bild 1.2.4.1: Digitalisierung mit DigitalGlobe



Bild 1.2.4.2: Darstellung der Tag-Line mit Google Earth

Nach der Bildschirmvektorisierung wurden die Daten mit einer Kurvenanpassungsfunktion (Polynom 3. Grades) durch drei Punkte geglättet. Anschließend wurde die geglättete Linie vereinfacht bzw. generalisiert. Hierbei wurde vom Grundsatz der Erhaltung einer glatten Linie und einer möglichst genauen Länge der Strommittellinie ausgegangen. Die Erhaltung der Längen bedeutet, dass an den Kurven mehrere Knotenpunkte bzw. kürzere Linien als an den geradlinigen Abschnitten erforderlich sind. Anders ausgedrückt: die Linienabschnitte sind an den Kurven kürzer, um sich besser anpassen zu können und die Kurve möglichst wenig zu schneiden. Aus dieser Linie, der sogenannten "Center-Line", wurde die "Tag-Line" als neue Markierungslinie mit einer Auflösung von 100 m geschaffen. Die Markierungen der Markierungslinie sind genau auf die "Center-Line" gesetzt, und zwar alle 100 m entlang der "Center-Line", was im Grunde eine neue Kilometrierung darstellt. Dies ist die bisher genaueste 100-m-Kilometrierung der Mur. Gemäß dieser Kilometrierung misst die Mur von der Mündung in die Drau bei Legrad (Bild 1.2.4.2) bis zur Quelle (Bild 1.2.4.3) nunmehr 468,7 km. Diese Linie wurde neben den Formaten \*.shp und \*.dwg auch in das Format \*.kmz konvertiert, welches vom Raumdaten-Viewer GoogleEarth unterstützt wird.

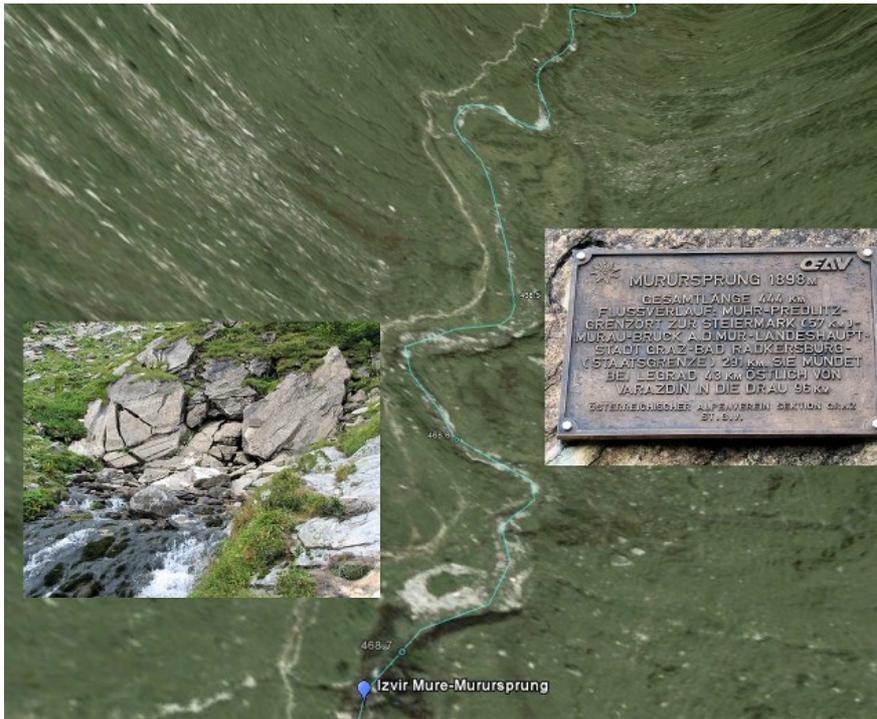


Bild 1.2.4.3: Murursprung – auf der Tafel beim Ursprung ist eine Länge von 444 km angegeben

### 1.2.5 Ausarbeitung der digitalen Karte

Eine Karte mit allen verfügbaren Vektordaten der korrigierten Einzugsgebiete und der Gewässer samt Punktdaten der Niederschlagsstationen, Pegel und energiewirtschaftlichen Objekte wurde im PDF-Format im Maßstab 1 : 200.000 (Bild 1.2.5.3) hergestellt und gedruckt. Die Karte wurde nach der Methode der Überdeckung und Betonung verschiedener Schichten (Shading, Transparenz, Reihenfolge der Schichten) erstellt. Als Grundlage und globale Geländeorientierung wurde ein neues 3-D-Gelände mit Shading ausgearbeitet, welches "hydromorphologisch verbessertes 3-D-Modell" benannt wurde. "Hydromorphologisch verbessert" bedeutet, dass bei ebenen Gebieten, wo hauptsächlich Neigungen zwischen 0 und 5 Grad auftreten, Böschungsschattierungen (slope shading) und in bergigen Gebieten gewöhnliche Tageslichtschattierungen (daylight shading) verwendet wurden. Die Tageslichtschattierung richtet sich nach dem gewählten Einfallswinkel (Azimut und Elevation) der Sonnenstrahlen. Eine Kombination dieser beiden Schattierungen stellt das Gelände anschaulicher dar. Der Verlauf der Täler und Gewässer wird auf diese Weise besser sichtbar, auch die Einzugsgebietsgrenzen sind stärker betont (Bild 1.2.5.1), was für die hydrologische Verwendung bedeutsam ist. Die Einzugsgebietsgrenzen sind entlang der Kämme mit Neigungen bis 5 Grad stärker betont (Bild 1.2.5.2).



Bild 1.2.5.1: Gewöhnliche Schattierung (Tageslicht)

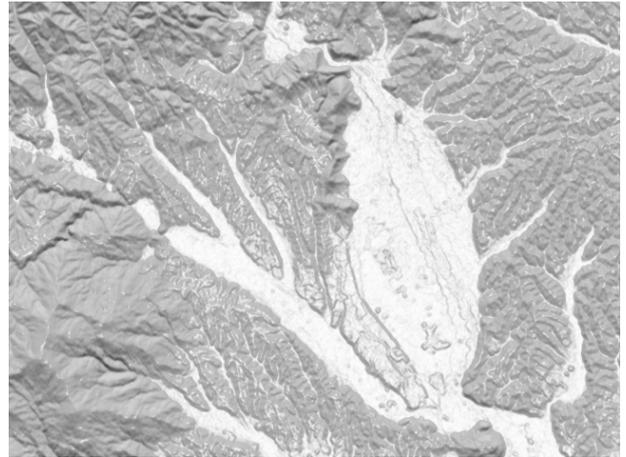


Bild 1.2.5.2: Hydromorphologische Schattierung

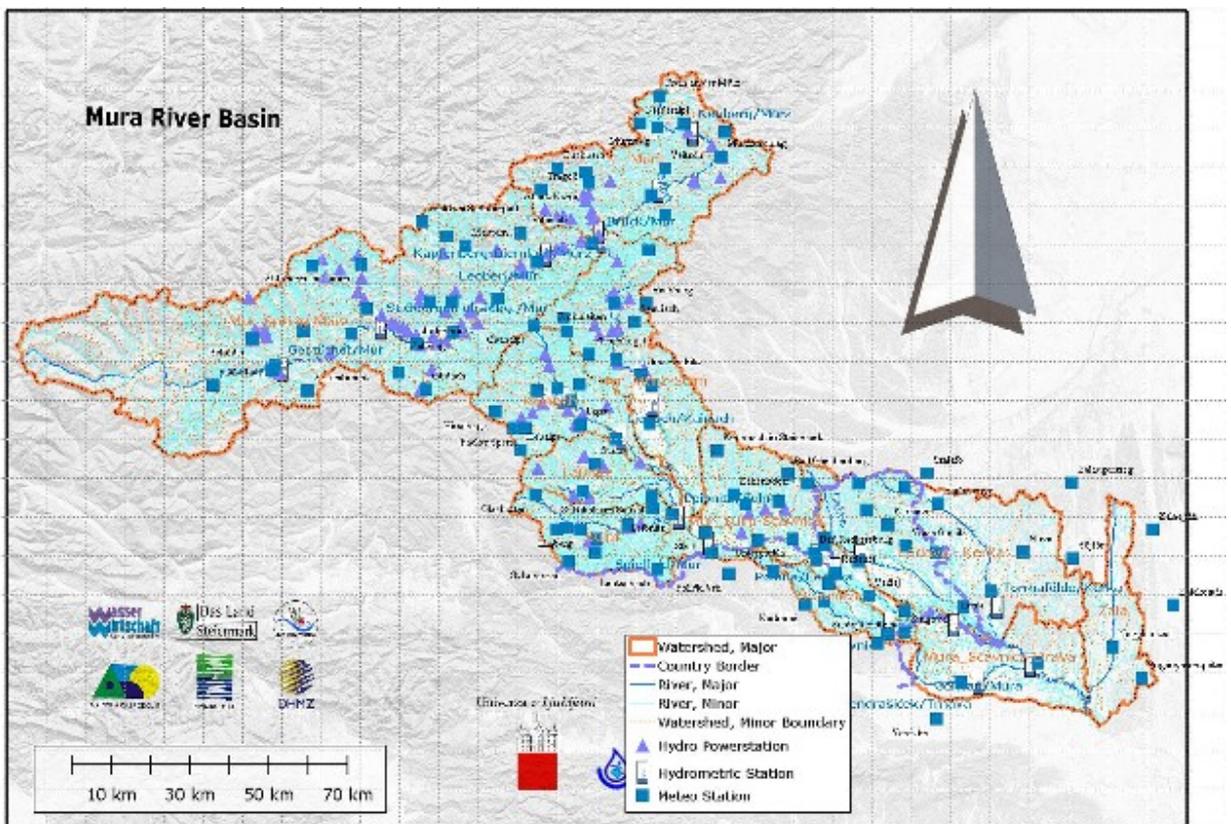


Bild 1.2.5.3: Hydrologische Karte – Übersichtskarte des Einzugsgebiets der Mur

### 1.3 Längenschnitt der Mur

Für die Erstellung der hydrologischen Studie wurde ein bereits bestehender Längenschnitt der Mur verwendet und adaptiert (Balažič, 2003, Annex III). Dieser Längenschnitt enthält Kilometrierungsdaten, die Höhen der Gewässersohle, die Wasserspiegelhöhen für das 30-jährliche und 100-jährliche Hochwasser sowie der mittleren Jahresdurchflüsse, die Standorte von Sperrbauwerken, die größeren Zubringer, die Namen der größeren Ortschaften, die Pegel, die Einzugsgebietsflächen und die Seehöhen.

Der Längenschnitt enthält zwei verschiedene Kilometrierungen – die erste (grün) wird im Längenschnitt verwendet, eine Zeile darunter ist die zweite (schwarz) eingetragen (Annex III). Der Unterschied zwischen beiden Kilometrierungen tritt kurz vor der Einmündung der Kerka (flussaufwärts) auf, wo er etwa 13 km beträgt und bis zur Quelle ungefähr gleich bleibt. Wegen dieser nicht vernachlässigbaren Differenz wurde die Kilometrierung mittels Google Maps (Kapitel 1.2.4, Abschnitt "Genauigkeit der Längen und der Kilometrierung") überprüft. Es wurde festgestellt, dass keine der Kilometrierungen genau ist; die zweite (schwarz angegebene), die nicht im Längenschnitt verwendet wurde, ist adäquater. Daher wurden neue Kilometrierungen berechnet, die in Bild 1.3.1 verwendet wurden.

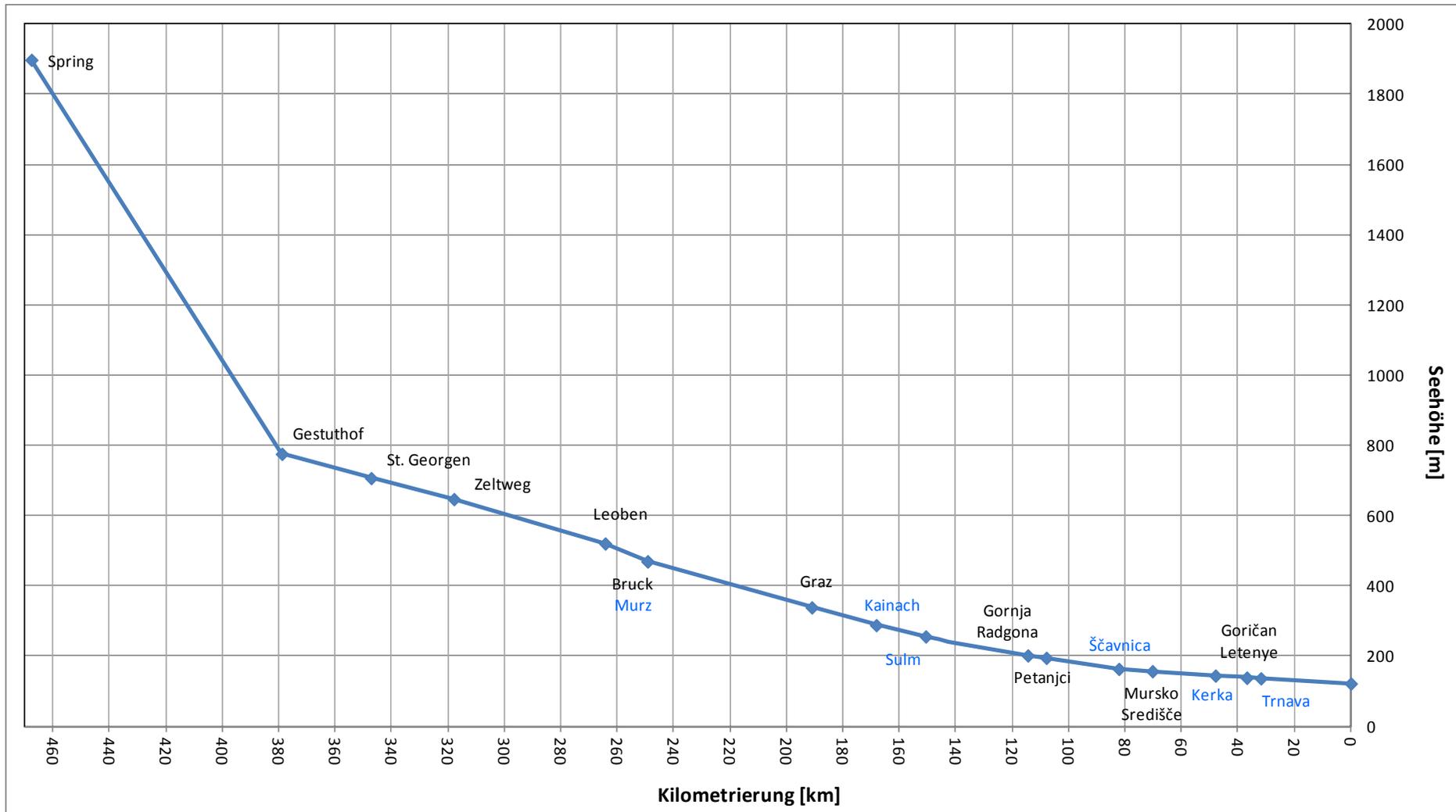


Bild 1.3.1: Längenschnitt der Mur vom Ursprung bis zur Mündung (Zubringer blau eingetragen)

## 1.4 Historische Daten von Pegeln und Niederschlagsstationen

Erfasst wurden hydrologische Daten für 24 Pegel, davon 15 Pegel in Österreich, 4 in Slowenien, 3 in Kroatien und 2 in Ungarn sowohl an der Mur als auch an den wichtigsten Zubringern für den einheitlichen Zeitraum von 1961 bis 2005. Nicht alle Datensätze waren vollständig, entweder fehlten Daten oder die Aufzeichnungen begannen später (Tabelle 1.4.1). Eine eingehendere Beschreibung ausgewählter Pegel ist im Annex I enthalten.

Die monatlichen Niederschläge wurden für 99 Niederschlagsstationen (ursprünglich 27 + zusätzliche 56 in Österreich, 2 in Slowenien, 3 in Kroatien und 11 in Ungarn) für den einheitlichen Zeitraum 1961 - 2005 erfasst (Tabelle 1.4.2). Analog zu den Pegeln sind auch diese Daten nicht vollständig, vielmehr weisen auch sie stellenweise Lücken auf oder aber die Beobachtungen begannen später.

Daten von Monatstemperaturen wurden für 17 Stationen (12 österreichische, 2 slowenische, 2 kroatische und 1 ungarische) für denselben Zeitraum 1961 - 2005 zur Verfügung gestellt (Tabelle 1.4.2).

Vollständige Daten standen für 14 Pegel (monatliche mittlere Durchflüsse) und 57 Niederschlagsstationen (monatliche Niederschläge) zur Verfügung. Für die Erstellung der digitalen Niederschlagskarte wurden zusätzliche Daten verwendet, (insgesamt 177 Stationen), da die Daten der ursprünglichen 99 Stationen nicht ausreichend für die Ausarbeitung der Karte waren.

## HYDROLOGISCHE STUDIE DER MUR

Tabelle 1.4.1: Historische Pegeldaten

Code	Stationsname	Fluss	Länge (DMS)	Breite (DMS)	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Nullpunkt	Dateien seit	Messeinrichtungen
A_2055	Gestüthof	Mur	14 12 37	47 06 40	1700	776.3	1962-	Hydrometrischer Flügel, seit 2005 ADCP
A_2170	St.Georgen ob Jdbg.	Mur	14 32 21	47 12 36	2368	700.15	1951-	Hydrometrischer Flügel, seit 2005 ADCP
A_2400	Zeltweg	Mur	14 45 13	47 11 08	2958	646.34	1966-	Hydrometrischer Flügel, seit 2005 ADCP
A_2700	Leoben	Mur	15 05 40	47 22 40	4592	531.24	1951-	Hydrometrischer Flügel, seit 2005 ADCP
A_3100	Bruck	Mur	15 16 57	47 24 38	6214	468.14	1967-	Hydrometrischer Flügel, seit 2005 ADCP
A_3397	Graz	Mur	15 27 06	47 01 58	7043	328.67	1966-	Hydrometrischer Flügel, seit 2005 ADCP
A_3870	Spielfeld	Mur	15 38 08	46 42 38	9480	244.22	1968-	Hydrometrischer Flügel, seit 2005 ADCP
A_3902	Mureck	Mur	15 47 36	46 42 42	9770	224.23	1974-	Hydrometrischer Flügel, seit 2005 ADCP
A_2940	Neuberg	Mürz	15 35 38	47 39 26	232	715.3	1961-	Hydrometrischer Flügel
A_3001	Kindthal	Mürz	15 28 23	47 31 34	728	569.64	1966-	Hydrometrischer Flügel, seit 2005 ADCP
A_3082	Kapfenberg-Diemlach	Mürz	15 16 20	47 25 53	1365	485.94	1971-	Hydrometrischer Flügel, seit 2005 ADCP
A_3670	Voitsberg	Kainach	15 08 56	47 02 55	210	391.19	1966-	Hydrometrischer Flügel
A_3701	Lieboch	Kainach	15 20 48	46 57 21	756	319.46	1951-	Hydrometrischer Flügel
A_3791	Gleinstätten	Sulm	15 22 21	46 45 12	265	292.81	1993-	Hydrometrischer Flügel
A_3856	Leibnitz	Sulm	15 32 08	46 46 17	1103	262.98	1951-	Hydrometrischer Flügel, seit 2005 ADCP
SI_1060	Gornja Radgona	Mur	15 59 44	46 40 52	10242	202.34	1893	Hydrometrischer Flügel, seit 2003 ADCP
SI_1070	Petanjci	Mur	16 03 16	46 38 55	10382	193.76	1956	Hydrometrischer Flügel, seit 2003 ADCP
SI_1140	Pristava	Ščavnica	16 13 55	46 31 07	274	169.77	1973	Hydrometrischer Flügel, seit 2005 ADCP, FT
SI_1220	Polana	Ledava	16 08 16	46 40 40	223	191.4	1962	
C_5044	Mursko Središće	Mur	16 26 47	46 30 55	10943	154	1961	ADCP seit 2004
C_5035	Goričan	Mur	16 41 35	46 25 10	13022	138	1961	ADCP seit 2004
C_5026	Jendrašiček	Trnava	16 31 18	46 22 49	155	153	1961	
H_360	Letenye	Mur	16 41 40	46 25 13	13022	138	1961	ADCP seit 2005
H_364	Tormafölde	Kerka	16 35 28	46 33 13	969	154	1963	Hydrometrischer Flügel

HYDROLOGISCHE STUDIE DER MUR

Tabelle 1.4.2: Historische Daten der Niederschlagsstationen

Code	Stationsname	Länge [° ′ ″]	Breite [° ′ ″]	X (GKX) [m]	Y (GKY) [m]	Seehöhe [m ü. A.]	Stationsdaten seit	Daten	Niederschlag - verarbeitete Daten seit	Temperaturen - verarbeitete Daten seit
1510	Hohentauern	14 29 15	47 26 02			1265	1878	Lufttemperatur	x	1960
2042	Paal-Stadl	13 58 48	47 04 25	5214883.021	5422546.932	950	1974	Niederschlag, Lufttemperatur	1974	1960
2051	Murau	14 10 36	47 06 40	5218875.165	5437524.485	814	1877	Niederschlag	1961	x
2080	Stolzalpe (Kurhaus)	14 11 33/14 11 09	47 07 19/ 47 07 18	5220066.748/5220041.119	5438738.367/5438232.276	1305/1215	1921/2000	Niederschlag	1961-2004	x
2090	Schöder	14 06 37	47 10 58	5226896.035	5432577.534	900	1907	Niederschlag	1961	x
2110	St. Lambrecht	14 17 44	47 03 47	5213445.74	5446497.781	1070	1867	Niederschlag	1961	x
2140	Oberwölz	14 16 59	47 12 04	5228799.127	5445689.151	810	1895	Niederschlag	1961-2001	x
2141	Oberwölz	14 16 59/14 16 45	47 12 04/47 12 08	5228799.127/5228925.34	5445689.151/5445395.697	810	1895/2001	Niederschlag	1961	x
2170	Unzmarkt	14 26 31	47 11 45	5228114.23	5457721.271	745	1895	Niederschlag	1961	x
2310	Schmelz	14 36 02	47 06 20	5218006.186	5469686.468	1560	1946	Niederschlag	1961	x
2320	Judenburg	14 39 43	47 10 22	5225455.959	5474377.534	730	1876	Niederschlag, Lufttemperatur	1961	1986
2330	St. Johann am Tauern	14 28 17	47 21 23	5245944.825	5460072.96	1050	1895	Niederschlag	1961	x
2341	Pusterwald-Hinterwinkel	14 18 25	47 21 05	5245486.466	5447647.244	1260	1962	Niederschlag	1961	x
2370	Oberzeiring	14 29 27	47 15 10	5234418.37	5461466.412	930	1901	Niederschlag	1961	x
2400	Obdach	14 41 38	47 04 08	5213898.778	5476753.51	875	1895	Niederschlag, Lufttemperatur	1961	1960
2420	Zeltweg	14 47 00	47 12 00	5228449.067	5483586.431	669	1939	Niederschlag	1961	x
2490	Ingering II	14 42 17	47 16 16	5236372.712	5477661.16	850	1913	Niederschlag	1961	x
2500	Seckau	14 46 43	47 16 14	5236292.447	5483250.946	855	1890	Niederschlag	1961	x
2610	Kraubath an der Mur	14 56 27/14 56 02	47 18 24/47 16 43	5240284.229/5237166.192	5495526.823/5494999.159	605/600	1886/2006	Niederschlag	1961	x
2630	Wald am Schoberpass	14 40 43	47 27 19	5256851.419	5475770.236	890	1896	Niederschlag	1961	x
2635	Kalwang	14 43 43 / 14 45 36	47 25 30 / 47 25 15	5253471.504 / 5253000.575	5479528.031 / 5481894.393	753 / 742	1888-1994 / 1994	Niederschlag	1967	x
2640	Mautern	14 49 24	47 24 01	5250702.925	5486667.073	710	1900	Niederschlag, Lufttemperatur	1961	1960

## HYDROLOGISCHE STUDIE DER MUR

Code	Stationsname	Länge [° ′ ″]	Breite [° ′ ″]	X (GKX) [m]	Y (GKY) [m]	Seehöhe [m ü. A.]	Stationsdaten seit	Daten	Niederschlag - verarbeitete Daten seit	Temperaturen - verarbeitete Daten seit
2650	Leoben - Hinterberg	15 03 54	47 21 45	5246490.666	5504909.017	570	1984	Niederschlag	1984	x
2690	Trofaiach	15 00 29	47 25 44	5253868.104	5500607.619	660	1926	Niederschlag	1961	x
2715	Bruck an der Mur	15 14 59	47 24 19	5251273.802	5518844.6	482	1875	Niederschlag	1961	x
2915	Frein an der Mürz	15 28 57	47 44 38	5288995.798	5536176.53	875	1979	Niederschlag	1979	x
2918	Niederalpl	15 24 51	47 40 57	5282142.083	5531089.586	930	1979	Niederschlag	1979	x
2920	Mürzsteg	15 28 21	47 40 25	5281179.046	5535474.417	810	1880	Niederschlag	1961	x
2925	Karlgraben	15 33 49	47 40 46	5281873.207	5542310.134	775	1979	Niederschlag	1979	x
2950	Preiner Gscheid	15 42 03	47 39 41	5279950.208	5552629.477	890	1951	Niederschlag	Niederschlag, Lufttemperatur	1960
2980	Mürzzuschlag	15 41 19	47 36 13	5273519.47	5551768.679	700	1853	Niederschlag	1961	x
3000	Veitsch	15 29 51	47 34 36	5270414.541	5537420.493	665	1901	Niederschlag	1961	x
3010	Kindberg	15 27 00	47 31 00	5263723.277	5533886.338	567	1895	Niederschlag	1961	x
3025	Stanz	15 29 54	47 28 08	5258434.681	5537560.027	648	1895	Niederschlag	1978	x
3040	Aflenz Kurort	15 14 26	47 32 45	5266895.278	5518104.519	784	1887	Niederschlag	1961	x
3042	Bürgeralm bei Aflenz	15 13 50	47 34 09	5269486.682	5517344.205	1500	1957	Niederschlag	1961	x
3070	Buchberg	15 08 07	47 34 41	5270457.867	5510174.94	880	1895	Niederschlag	1961	x
3085	Tragöß	15 04 44	47 31 48	5265110.255	5505939.068	770	1895	Niederschlag	1961	x
3100	Breitenau bei Mixnitz	15 26 24	47 23 28	5249762.733	5533212.272	560	1921	Niederschlag	1961	x
3335	Rechberg	15 26 00	47 16 00	5235927.485	5532785.977	926	1968	Niederschlag	1971	x
3341	Frohnleiten	15 19 22 / 15 19 22	47 16 09 / 47 16 09	5236164.825	5524420.208	420 / 420	1895-1996 / 1996	Niederschlag	1961	x
3350	Gleinalpe -	15 03 14	47 12 59	5230249.351	5504081.093	1590	1931	Niederschlag	1961	x
3352	Neuhof	15 09 13	47 13 57	5232050.164	5511629.693	770	1979	Niederschlag	1979	x
3360	Semriach	15 23 31/15 23 31	47 13 23/47 13 23	5231062.412/5231062.412	5529468.51/5529468.51	670/700	1895/2000	Niederschlag	1971	x
3385	Pleschkogel	15 14 20	47 08 57	5222803.822	5518114.289	910	1933	Niederschlag	Niederschlag, Lufttemperatur	1971
3388	Gratkorn	15 19 49 / 15 19 48	47 08 20 / 47 08 13	5221686.682 / 5221470.468	5525048.881 / 5525028.726	386 / 380	1967-1999 / 1999	Niederschlag	1967	x

## HYDROLOGISCHE STUDIE DER MUR

Code	Stationsname	Länge [° ′ ″]	Breite [° ′ ″]	X (GKX) [m]	Seehöhe [m ü. A.]	Stationsdate n seit	Daten	Niederschlag - verarbeitete Daten seit	Temperaturen - verarbeitete Daten seit	
3390	Graz-Andritz	15 24 46	47 06 05	5217548.319	5531327.832	360	1938	Niederschlag, Lufttemperatur	1961	1960
3397	Graz (Universität)	15 27 02	47 04 37	5214847.174	5534210.627	366	1890	Niederschlag	1961	x
3450	Graz (Flugplatz)	15 26 30	46 59 18	5204994.406	5533591.251	340	1925	Niederschlag	1961	x
3520	Bärnbach	15 08 03	47 04 14	5214047.292	5510188.482	420	1974	Niederschlag	1974	x
3540	Lobming	15 26 30	46 59 18	5204994.406	5533591.251	340	1925	Niederschlag	1961	x
3620	Packer Sperre	15 01 33	46 58 44	5203850.337	5501965.119	850	1931	Niederschlag	1961-2001	x
3640	Pack	14 59 09	46 58 45	5203880.985	5498922.36	1115	1930	Niederschlag	1961	x
3645	Hirscheegg	14 55 28	47 01 01	5208082.554	5494256.636	1158	1980	Niederschlag, Lufttemperatur	1980	1980
3670	Maria Lankowitz	15 03 57	47 03 58	5213546.667	5504999.733	530	1866	Niederschlag	1961	x
3690	Ligist	15 12 31	46 59 18	5204920.855	5515866.064	370	1895	Niederschlag	1961	x
3695	Gschnaidt	15 09 56	47 12 08	5228686.594	5512541.128	1128	1986	Niederschlag	1984	x
3700	Södingberg	15 12 23	47 04 47	5215078.09	5515670.277	480	1980	Niederschlag	1980	x
3705	Sajach	15 19 41	46 57 14	5201123.582	5524966.514	340	1951	Niederschlag	1961	x
3730	Wiel	15 07 47	46 44 44	5177924.445	5509910.699	900	1950	Niederschlag	1961	x
3740	Wies	15 15 43	46 43 21	5175387.15	5520020.924	390	1929	Niederschlag, Lufttemperatur	1977	1981
3745	Limberg	15 12 33	46 44 45	5177968.391	5515980.123	450	1984	Niederschlag	1984	x
3750	St. Anna ob Schwanberg	15 09 38	46 44 58	5178361.011	5512265.465	1050	1954	Niederschlag	1961	x
3765	Glashütten	15 03 36	46 49 29	5186716.85	5504577.249	1275	1895	Niederschlag	1961	x
3768	Gleinstätten	15 21 57	46 45 20	5179092.684	5527944.266	320	1895	Niederschlag	1975	x
3769	St. Lorenzen	15 10 03	46 40 19	5169748.642	5512814.307	780	1984	Niederschlag	1984	x
3770	Eibiswald	15 15 31	46 41 30	5171959.444	5519777.409	360	1895	Niederschlag	1961	x
3780	Leutschach	15 27 52	46 39 11	5167740.455	5535543.902	370	1936	Niederschlag	1961	x
3790	Kitzeck im Sausal	15 26 56	46 47 35	5183293.392	5534264.684	485	1895	Niederschlag	1961	x
3795	St. Nikolai im Sausal	15 26 53	46 49 15	5186380.343	5534183.472	340	1895	Niederschlag	1961	x
3800	Hebalpe	15 00 38	46 55 44	5198292.748	5500803.7	1310	1930	Niederschlag	1961	x
3821	Deutschlandsberg	15 13 00	46 50 00	5187694.966	5516526.312	410	1893	Niederschlag	1961	x
3830	Stainz	15 15 32	46 53 46	5194682.124	5519723.815	340	1877	Niederschlag, Lufttemperatur	1961	1960

## HYDROLOGISCHE STUDIE DER MUR

Code	Stationsname	Länge [° ′ ″]	Breite [° ′ ″]	X (GKX) [m]	Y (GKY) [m]	Seehöhe [m ü. A.]	Stationsdate n seit	Daten	Niederschlag - verarbeitete Daten seit	Temperaturen - verarbeitete Daten seit
3850	Leibnitz	15 30 52	46 46 47	5181842.15	5539278.374	332	1895	Niederschlag	1961-2004	x
3870	Kirchbach in Steiermark	15 40 00	46 55 32	5198137.94	5550763.069	350	1895	Niederschlag	1961	x
3880	Strass	15 37 28	46 44 08	5176994.2	5547715.945	256	1975	Niederschlag	1975	x
3882	Zehendorf	15 43 07	46 49 28	5186934.946	5554821.222	288	1981	Niederschlag	1981	x
3885	Unterpurkla	15 54 52	46 43 11	5175451.184	5569896.198	220	1971	Niederschlag	1971	x
3890	St. Peter am Ottersbach	15 45 33	46 48 03	5184339.834	5557940.457	270	1929	Niederschlag, Lufttemperatur	1961	1960
3896	Straden	15 52 10	46 48 22	5185013.625	5566350.455	360	1895	Niederschlag	1961	x
3900	Bad Gleichenberg	15 54 02	46 52 07	5191986.816	5568644.999	303	1861	Niederschlag	1961	x
3912	Bad Radkersburg	15 59 01	46 41 16	5171964.617	5575227.336	208	1877	Niederschlag	1973	x
3915	Waltra	15 58 00	46 50 51	5189700.384	5573713.188	380	1970	Niederschlag	1970	x
3920	Zeltring	16 01 18	46 42 22	5174039.254	5578111.393	200	1955	Niederschlag	1961	x
352	Lendava	16 28 56	46 33 27	5158082.992	5613633.4	190	1954	Niederschlag, Lufttemperatur	1961	1961
355	Murska Sobota	16 12 04	46 39 10	5168305.524	5591921.102	188	1956	Niederschlag, Lufttemperatur	1961	1961
	Štrigova	16 17 00	46 30 00	5151425.402	5598489.778	202	1951	Niederschlag, Lufttemperatur	1961	x
	Čakovec	16 28 00	46 23 00	5138704.666	5612800.17	165	1981	Niederschlag, Lufttemperatur	1981	1981
	Varaždin	16 23 00	46 18 00	5129328.158	5606552.927	167	1955	Niederschlag, Lufttemperatur	1961	1961
166019	Lenti	16 34 15	46 35 35	5162165.965	5620347.912	164	1973	Niederschlag	1973	x
166022	Nagykanizsa	16 58 14	46 27 22	5147050.025	5625749.836	138.8	1961	Niederschlag, Lufttemperatur	1961	1961
166000	Bajánsenye	16 24 00	46 47 45	5184456.005	5606859.019	214	1967	Niederschlag	1967	x
529	Nova	16 40 45	46 40 49	5172030.686	5628441.045	178	1967	Niederschlag	1967	x
166018	Letenye	16 43 20	46 25 25	5143576.944	5632357.017	156	1974	Niederschlag	1974	x
532	Szalafő	16 21 53	46 51 58	5192219.456	5604030.658	266	1972	Niederschlag	1972	x
166061	Zalaegerszeg	16 50 56	46 50 15	5189795.105	5641012.111	148	1961	Niederschlag	1961	x
166065	Sőjtör	16 50 44	46 39 49	5170463.292	5641211.464	177	1975	Niederschlag	1975	x
4533	Zalaapáti	17 06 51	46 43 35	5177956.971	5661576.139	110.9	1964	Niederschlag	1964	x

## HYDROLOGISCHE STUDIE DER MUR

4534	Zalakovár	17 10 26	46 32 57	5158385.657	5666683.869	115	1975	Niederschlag	1975	x
166025	Pogányszentpéter	17 03 50	46 22 60	5139729.516	5658731.26	173	1971	Niederschlag	1971	x

## 1.5 Anthropogene Einflüsse

Die ersten Aufzeichnungen über Regulierungsarbeiten an der Mur stammen aus der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts. Damals mäandrierte die Mur in ihrem Unterlauf über eine breite Schwemmlandebene und verursachte Schäden an landwirtschaftlichen Nutzflächen in unmittelbarer Flussnähe. Lokale Maßnahmen wurden nur zum Schutze des damaligen Großgrundbesitzes an der Mur durchgeführt.

In den Jahren 1860 bis 1874 wurde am damaligen österreichischen Abschnitt der Mur bis Veržej eine teilweise systematische Regulierung durchgeführt, bestehend aus Ufersicherungen, Spordeichen, Leiteinrichtungen und der Schließung von Nebenarmen. Das Ziel bestand darin, Strömungsänderungen zu verhindern und die Flößerei zu gewährleisten. Da die wasserbauliche Situation dennoch nicht zufriedenstellend war (die Anlagen wurden immer wieder zerstört), erfolgte in den Jahren 1874 - 1891 eine systematische Regulierung der Mur. Hierbei wurde von der Einmündung der Sulm abwärts bis zur ungarischen Grenze (bei Veržej) eine Normbreite von 76 m bestimmt, die Trasse wurde so weit wie möglich verkürzt, die Ufer wurden befestigt und regelmäßig gestaltet. Zwischen 1891 und dem Ersten Weltkrieg wurden trotz geplanter Hochwasserschutzmaßnahmen nur die dringendsten Instandhaltungsarbeiten durchgeführt.

Nach dem ersten Weltkrieg wurde in Österreich ein zehnjähriges Bauprogramm durchgeführt (1927 - 1936), welches eine erneute Regulierung (nach Schäden wegen größeren Hochwassern) auf eine Gewässerbreite von 76 m zum Ziel hatte. Gebaut wurden Leiteinrichtungen, Verbindungstraversen und Uferabdeckungen. Das Flussbett wurde am Abschnitt der österreichisch-slowenischen Grenze (33,28 km) zwischen dem Ersten und Zweiten Weltkrieg systematisch reguliert. Es wurden auch zwei Wehre zwecks Wasserentnahme für die Papierindustrie (Ceršek, Sladki vrh) errichtet.

In Ungarn begann man erst 1897 mit Regulierungsarbeiten, deren Zweck darin bestand, ein einheitliches Flussbett mit Dauerböschungen zu schaffen, den Wasserstand zu senken und alte Flussarme abzutrennen. Im Jahre 1927 wurden umfangreiche Arbeiten zur Regulierung einzelner Mäander am Murabschnitt an der kroatisch-ungarischen Grenze durchgeführt.

Umfangreiche systematische Regulierungsarbeiten im slowenischen Flussabschnitt wurden in den Jahren 1972 bis 1990 in einer Länge von 27,17 km bis Bakovci durchgeführt. Flussabwärts von Mursko Središće, an der kroatisch-slowenischen Grenze, wurden einzelne Mäander vom Hauptbett getrennt. Nach 1978 wurden auch die Arbeiten an der kroatisch-ungarischen Grenze gemäß einem gemeinsamen Regulierungsplan fortgesetzt. Teilweise wurden an einzelnen Abschnitten Baumaßnahmen zum Schutz der Uferböschungen ausgeführt. Derzeit sind Regulierungsarbeiten am Abschnitt 1 bis 7 km vor dem Zusammenfluss von Mur und Drau geplant.

In Österreich ist eine Wasserkraftwerkskette zwischen Bodendorf und Spielfeld errichtet (Tabelle 1.5.1) worden. Eine vollständige Liste der Kraftwerke befindet sich in Annex V, die größeren Wasserkraftwerke an der Mur sind in Tabelle 1.5.1 erfasst. Eine Wasserkraftwerkskette ist auch flussabwärts der slowenisch-

österreichischen Grenze geplant. Die Wasserkraftwerke an der Mur wurden im Zeitraum 1931 bis 1998 gebaut und in Betrieb genommen. Das System von Kraftwerken verfügt über keine größeren Speicher- bzw. Rückhaltekapazitäten, so dass ihr Einfluss auf Hochwasserdurchflüsse vernachlässigbar gering ist. Jedoch ist bei Mittel- und insbesondere Niederwasserdurchflüssen ein Einfluss durch den Kraftwerksbetrieb festzustellen, es werden tägliche Wasserspiegelschwankungen in der Zeit niedriger Wasserspiegel zwischen 5 und 15 cm verursacht. Ein Beispiel für tägliche Wasserspiegelschwankungen beim Pegel Bakovci ist in Bild 1.5.1 für den Zeitraum vom 24.8.2007 bis 9.9.2007 dargestellt, das Bild 1.5.2 zeigt einen Ausschnitt davon für den Zeitraum vom 24.8.2007 bis 26.8.2007; dabei handelt es sich um 5-Minuten-Werte des Wasserstands, die im Rahmen des Projekts BIO MURA aufgezeichnet wurden (<http://www.biomura.si/default.aspx>).

Tabelle 1.5.1: Wasserkraftwerke an der Mur und Zubringer in Österreich  
(Die privaten Kraftwerke sind nicht in der Tabelle berücksichtigt – siehe Annex V zur Liste aller Wasserkraftwerke in Österreich)

Name des Wasserkraftwerks	Stationär	Baujahr	Leistung (kW)	Akkumulationsgröße (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Typ
Bodendorf-Paal		1982	27000	0.22	Speicher-KW
Bodendorf-Mur	379.15	1982	7000		Lauf-KW
St. Georgen	377.20	1985	6000		Lauf-KW
Fisching	313.50	1994	21900		Lauf-KW
Dionysen	245.60	1949/2000	16200		Lauf-KW
Leoben	253.60	2005	9900		Lauf-KW
Pernegg	229.70	1927/1996	19200		Lauf-KW
Laufnitzdorf	227.90	1931	18000		Lauf-KW
Rabenstein	207.50	1987	13900		Lauf-KW
Peggau	205.10	1908/1965	13200		Lauf-KW
Friesach		1998	12000		Lauf-KW
Weinzödl	184.05	1982	15600		Lauf-KW
Mellach	159.10	1985	15600		Lauf-KW
Lebring	151.60	1988	20200		Lauf-KW
Gralla	147.60	1964	14500		Lauf-KW
Gabersdorf	142.20	1974	14500		Lauf-KW
Obervogau	137.60	1977	13000		Lauf-KW
Spielfeld	132.10	1982	13000		Lauf-KW
Pack (Teigitsch)	Mur-Zubringer	1931	800	5.4	Speicher-KW
St. Martin (Teigitsch)	Mur-Zubringer	1965	9800	7.1	Speicher-KW
Arnstein (Teigitsch)	Mur-Zubringer	1925	30000	0.32	Speicher-KW

An einzelnen Zubringern der Mur wurde eine Reihe von Rückhaltebecken zum Zwecke des Hochwasserschutzes gebaut. Die erwähnten Rückhaltebecken haben keinen wesentlichen Einfluss auf den Wasserhaushalt.

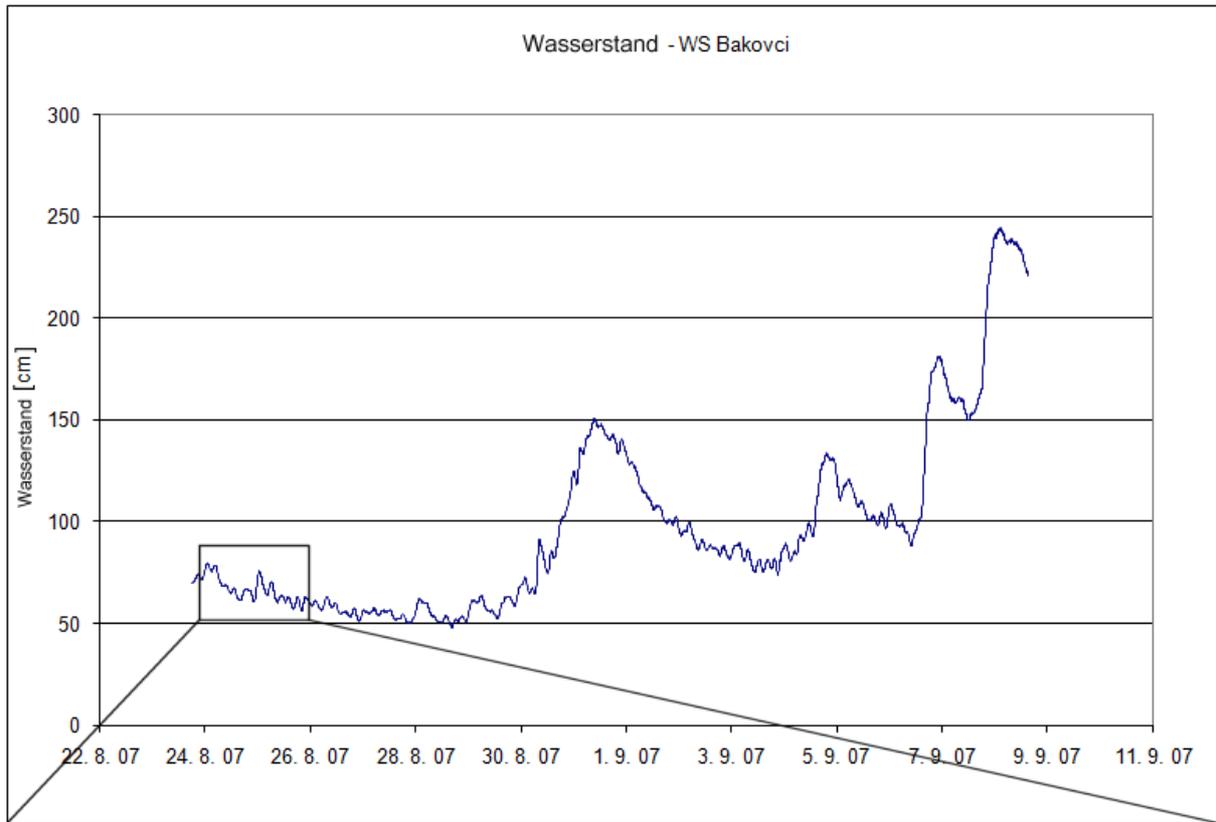


Bild 1.5.1: Fluktuationen des Wasserspiegels - Wasserstandsganglinie bei Bakovci (Slowenien)

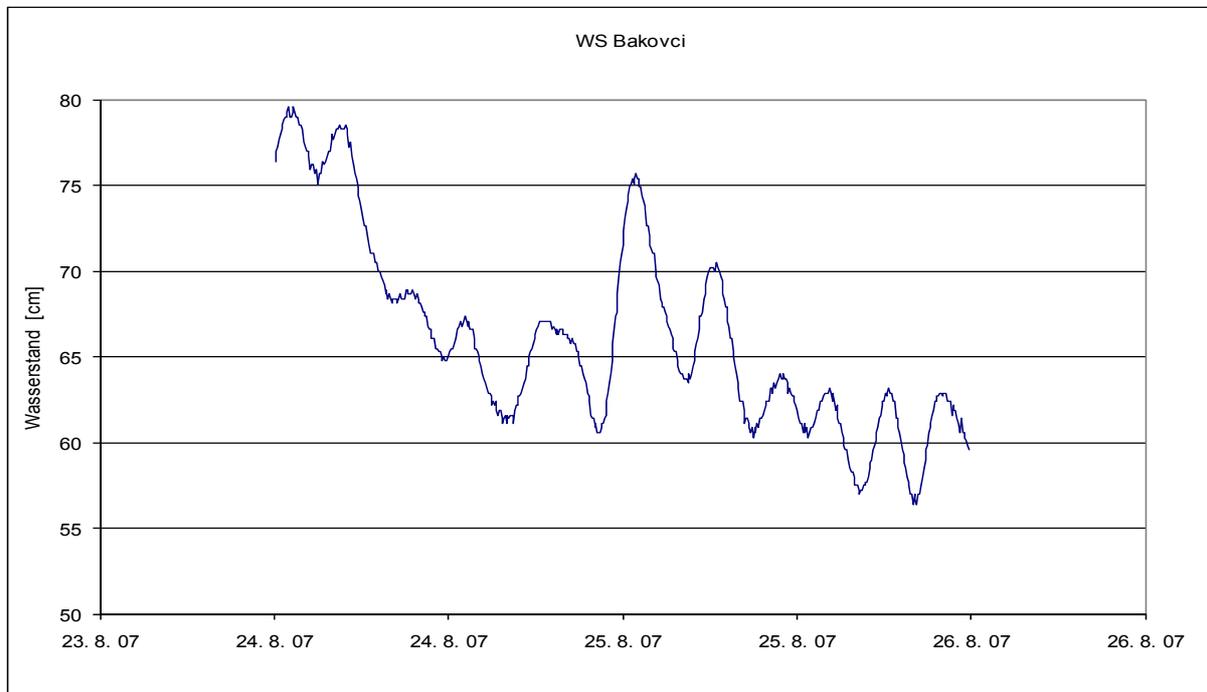


Bild 1.5.2: Tagesfluktuationen des Wasserspiegels - Wasserstandsganglinie bei Bakovci (Slowenien)

Entlang der Mur verläuft ein Grundwasserleiter, der zur Wasserversorgung der lokalen Bevölkerung genutzt wird. Die Regulierungsarbeiten und die Wasserkraftwerkskette haben den Sedimenttransport stark verändert und

infolgedessen zur Vertiefung des Flussbettes beigetragen. Deshalb sinkt der Wasserstand auch in den unterirdischen Grundwasserleitern in der Schwemmlandebene (<http://www.biomura.si/default.aspx>).

## **2 KLIMATISCHE CHARAKTERISTIKA DES EINZUGSGEBIETS DER MUR**

### **2.1 Mittlere monatliche und jährliche Niederschläge und Temperaturen**

#### **2.1.1 Niederschlagsdaten**

Es wurden Niederschlagsdaten von 99 Niederschlagsstationen zur Verfügung gestellt (ursprünglich 27 + zusätzlich 56 österreichische, 2 slowenische, 3 kroatische und 11 ungarische Stationen). Von den insgesamt 99 Stationen standen für 57 Stationen vollständige Datensätze für den Zeitraum 1961 - 2005 zur Verfügung, die übrigen Datensätze waren unvollständig.

Mit diesen Daten wurden die Monats- und Jahresdaten analysiert. Dazu erfolgte eine Darstellung der Jahresniederschläge nach Gebieten, in die das Einzugsgebiet entsprechend den klimatischen Merkmalen eingeteilt wurde – nordwestlicher, nordöstlicher und südlicher Bereich. Die Monatsniederschläge sind wegen der großen Datenmenge nur für einige ausgewählte Stationen dargestellt (Bild 2.1.1.2 - 2.1.1.7); Stationen, die sehr ähnliche Daten aufweisen und bei denen sich die Daten auf dem Bild überdecken, sind in den Bildern nicht dargestellt.

Der nördliche Teil des Einzugsgebiets weist die höchsten Niederschlagssummen auf, im Durchschnitt mehr als 1000 mm/Jahr; im südlichen Teil (Ungarn) sind die Niederschläge mit ca. 700 mm/Jahr deutlich geringer. Grundsätzlich nimmt die Jahresniederschlagsmenge flussabwärts ab (Tabelle 2.1.1.1). Die maximale Jahresniederschlagssumme wurde im Jahre 2005 an der Station Niederalpl gemessen (1.987 mm), die minimale im Jahr 2000 an der Station Zalaapáti (422 mm). Die Daten in Tabelle 2.1.1.1 wurden für den gesamten verfügbaren Zeitraum analysiert.

Die mittlere Niederschlagssumme im Einzugsgebiet der Mur beträgt ca. 920 mm/Jahr. Der gebirgige Teil im oberen Einzugsgebiet weist die höchsten Niederschlagssummen auf, überdurchschnittliche Niederschlagsmengen fallen auch im bergigen Bereich westlich von Graz. Nachdem die Mur in das Flachland Sloweniens, Kroatiens und Ungarns übergeht, sinken die Niederschlagssummen stark ab.

Tabelle 2.1.1.1: Jahresniederschlagssummen für die verfügbaren Stationen – Mittelwert, Maximum und Minimum

Code	Stationsname	Mittelwert	Minimum	Maximum
2042	Paal-Stadl	816.7	638	1075.1
2051	Murau	867.6	622.9	1086
2080	Stolzalpe (Kurhaus)	925.7	704	1248
2090	Schöder	772.9	583.6	1017.5
2110	St. Lambrecht	928.6	716.3	1274.3
2140	Oberwölz	745.3	562	1030.8
2141	Oberwölz	743.2	562	1030.8
2170	Unzmarkt	751.8	605.6	923
2310	Schmelz	1101.5	690.6	1458.1
2320	Judenburg	816.8	626.2	1095.5
2330	St. Johann am Tauern	883.5	622.5	1114.7
2341	Pusterwald-Hinterwinkel	1089.4	803.1	1555.2
2370	Oberzeiring	864	643.5	1071.3
2400	Obdach	822	623.4	1057.7
2420	Zeltweg	800.9	564	1076.1
2490	Ingering II	838	624.4	1198
2500	Seckau	826.2	614	1092.1
2610	Kraubath an der Mur	741.4	512.2	1026
2630	Wald am Schoberpass	1117.8	739.4	1508
2635	Kalwang	1096.9	710.9	1412
2640	Mautern	961.7	694.5	1255.2
2650	Leoben - Hinterberg	794.8	556.8	1022.4
2690	Trofaiach	766.8	514.2	996.8
2715	Bruck an der Mur	794.9	585.3	1100.8
2915	Frein an der Mürz	1462.9	1156.2	1864.1
2918	Niederalpl	1543.2	1158	1986.8
2920	Mürzsteg	1190.6	670.4	1593
2925	Karlgraben	1152.	763.2	1445.1
2950	Preiner Gscheid	1026.8	779.2	1264.6
2980	Mürzzuschlag	1011.9	642.3	1392.6
3000	Veitsch	867.4	590	1232
3010	Kindberg	825.8	574.3	1094.7
3025	Stanz	864.2	593.6	1054.7
3040	Aflenz Kurort	888.3	570	1190
3042	Bürgeralm bei Aflenz	1140.13	768.1	1579.8
3070	Buchberg	1225.5	801	1644.5
3085	Tragöb	1075.7	769.6	1362.1
3100	Breitenau bei Mixnitz	906.3	586.3	1167
3335	Rechberg	970.3	627.8	1411.5
3341	Frohnleiten	801.3	465.8	1086
3350	Gleinalpe -	1236	860.4	1746.6
3352	Neuhof	975.8	673.2	1343.2
3360	Semriach	872.34	548.1	1351.5
3385	Pleschkogel	1010.6	645.8	1362.3
3388	Gratkorn	848.2	595.3	1139
3390	Graz-Andritz	866.2	579.4	1269.6
3397	Graz (Universität)	829.9	559.1	1170
3450	Graz (Flugplatz)	839.4	574.6	1154.4

## HYDROLOGISCHE STUDIE DER MUR

Code	Stationsname	Mittelwert	Minimum	Maximum
3520	Bärnbach	856	546.4	1222.9
3540	Lobming	924.7	618	1311.6
3620	Packer Sperre	987	765.2	1389.6
3640	Pack	954.4	643.6	1310.6
3645	Hirschegg	1048.7	747.5	1252.4
3670	Maria Lankowitz	918.6	615.1	1369.8
3690	Ligist	903.9	620.3	1244.9
3695	Gschnaidt	1009.4	643.7	1230.1
3700	Södingberg	849.6	594	1147.7
3705	Sajach	870.8	582.8	1313
3730	Wiel	1291.4	926.9	1784.6
3740	Wies	1048.5	744	1346.3
3745	Limberg	1068.5	767.9	1254.5
3750	St. Anna ob Schwanberg	1242.4	880.5	1722.4
3765	Glashütten	1295.7	915.7	1756.6
3768	Gleinstätten	941.3	484	1298.4
3769	St. Lorenzen	1202.5	919.4	1420.7
3770	Eibiswald	1075.1	742.1	1471.6
3780	Leutschach	1104.1	756	1615.1
3790	Kitzeck im Sausal	926.8	598.1	1303.5
3795	St. Nikolai im Sausal	925.7	646	1352
3800	Hebalpe	1148.7	759.7	1420
3821	Deutschlandsberg	1111.8	715.4	1607.8
3830	Stainz	943.6	644.1	1296.3
3850	Leibnitz	913	669.8	1283
3870	Kirchbach in Steiermark	823.3	565.1	1128
3880	Strass	891.2	666.1	1208
3882	Zehensdorf	869.9	582.4	1078.9
3885	Unterpurkla	808.5	558.7	1136.2
3890	St. Peter am Ottersbach	857.9	549.7	1215.1
3896	Straden	799.1	494.2	1102.7
3900	Bad Gleichenberg	851.5	614.7	1130.8
3912	Bad Radkersburg	814.8	538.5	1049.2
3915	Waltra	759.2	519.1	1069.1
3920	Zelting	803.5	537.8	1011
352	Lendava	790.3	554.7	1122.9
355	Murska Sobota	803.4	514.7	1066.7
	Štrigova	846.9	599.7	1239.6
	Čakovec	778.8	508.1	1079.4
	Varaždin	856.9	559.7	1249.1
166019	Lenti	729.5	528.6	962.5
	Nagykanizsa	736.1	505.2	1059
166000	Bajánsenye	694.9	465.9	1065.8
529	Nova	716.6	534.1	902.9
166018	Letenye	788.4	554.9	1039.5
532	Szalafő	709	503.4	1018.9
166061	Zalaegerszeg	689.2	482.3	915.5
166065	Söjtör	759.5	489.6	1047.4
4533	Zalaapáti	647.9	422	1054.7
4534	Zalakovár	688.6	470.1	976.1
166025	Pogányszentpéter	756.8	461.2	1021.7

In Bild 2.1.1.1 sind die Daten aus der Tabelle 2.1.1.1 dargestellt. Die maximalen Jahresniederschlagssummen im betrachteten Zeitraum sind im nördlichen Bereich des Einzugsgebiets, im Einzugsgebiet der Mürz und im Bergland westlich von Graz zu verzeichnen. Im südlichen Bereich des Einzugsgebiets werden erheblich geringere Niederschlagssummen beobachtet, diese liegen unter dem Durchschnitt des gesamten Einzugsgebiets (grüne Linie in Bild 2.1.1.1). Etwas höher sind die Niederschlagssummen an den Stationen, die sich in Kroatien am Rande des Tieflands befinden (Bild 2.1.1.1).

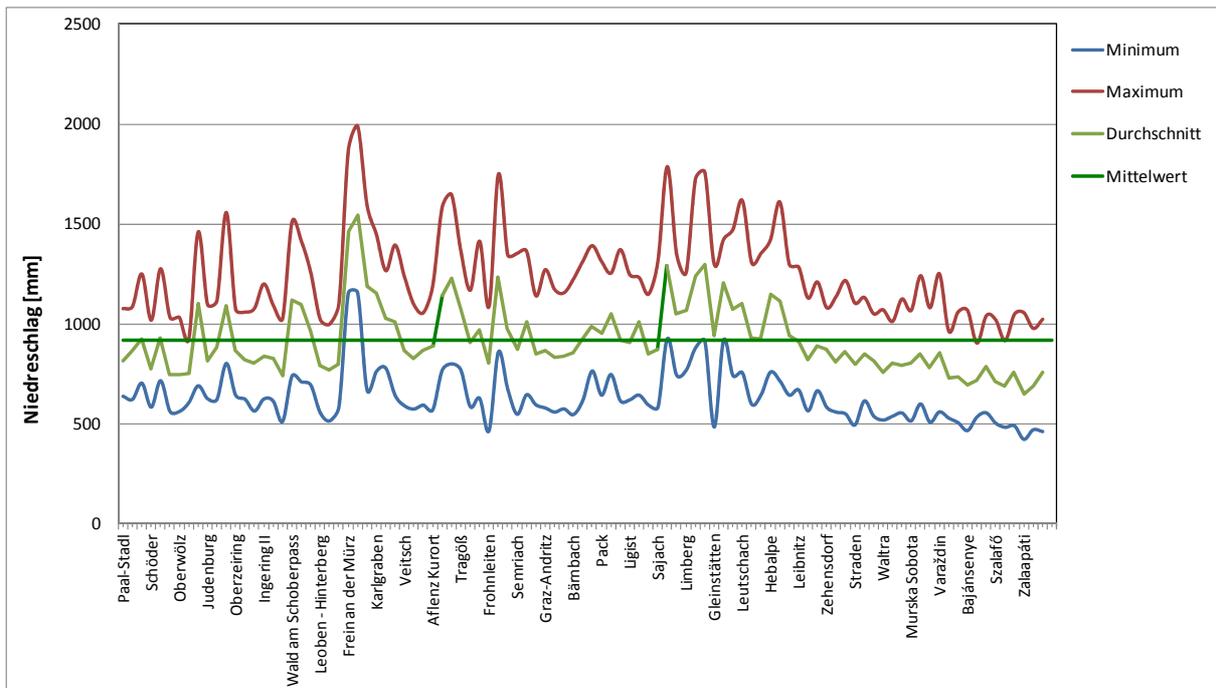


Bild 2.1.1.1: Mittlere, minimale und maximale Jahresniederschlagssummen für den Zeitraum 1961 - 2005

### ***Nordwestlicher Bereich***

In den Bildern 2.1.1.2 und 2.1.1.3 sind die minimalen und maximalen Monatsniederschläge für zwei ausgewählte Stationen dargestellt: A2320 Judenburg auf einer Seehöhe von 730 m ü. A. und A2490 Ingering auf einer Seehöhe von 850 m ü. A. Im nordwestlichen Bereich des Einzugsgebiets hat das gebirgige Relief des Geländes einen starken Einfluss auf die auftretenden Niederschläge, weshalb es auch zu größeren Abweichungen bei den Niederschlagssummen als im südlichen Bereich des Einzugsgebiets kommt, wo die Niederschlagsmengen ähnlicher sind (Bilder 2.1.1.6 und 2.1.1.7). Die minimalen Monatsniederschläge liegen zwischen 0 und 60 mm, die maximalen zwischen 100 und 350 mm.

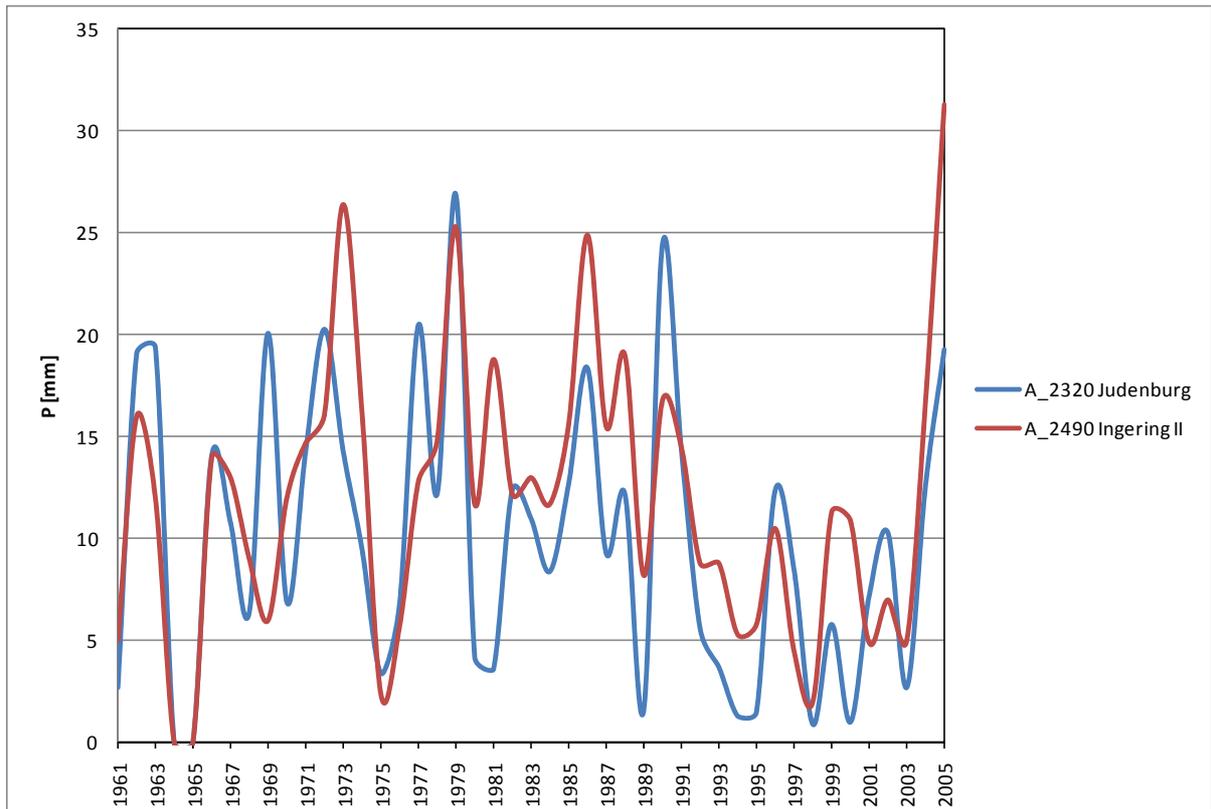


Bild 2.1.1.2: Minimale Monatsniederschläge im nordwestlichen Bereich des Einzugsgebiets

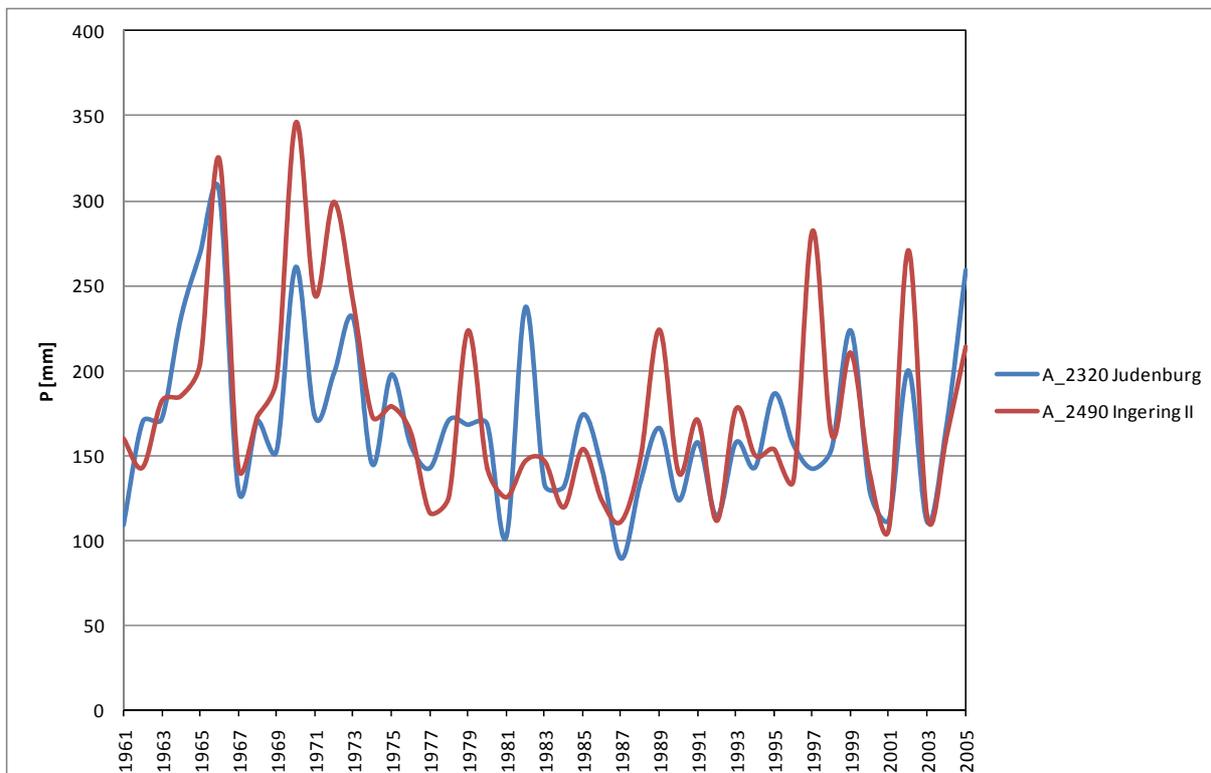


Bild 2.1.1.3: Maximale Monatsniederschläge im nordwestlichen Bereich des Einzugsgebiets

**Nördlicher Teil**

In den Bildern 2.1.1.4 und 2.1.1.5 sind die minimalen und maximalen Monatsniederschlagssummen für sechs Stationen dargestellt: A2715 Bruck an der Mur, A2915 Frein an der Mürz, A3010 Kindberg, A3040 Aflenz Kurort, A3042 Burgeralm bei Aflenz, A3100 Breitenau bei Mixnitz. Die minimalen Monatsniederschlagssummen liegen zwischen 0 und 65 mm, die maximalen zwischen 100 und 450 mm. Die Niederschlagssummen sind stark vom gebirgigen Relief des Geländes abhängig (die Seehöhen der Stationen liegen zwischen 500 und 1.500 m ü. A.). Die Station, die sich in den Bildern 2.1.1.4 und 2.1.1.5 am stärksten abhebt (A2915 Frein an der Mürz, 875 m ü. A.), liegt im äußersten Norden des Einzugsgebiets der Mürz.

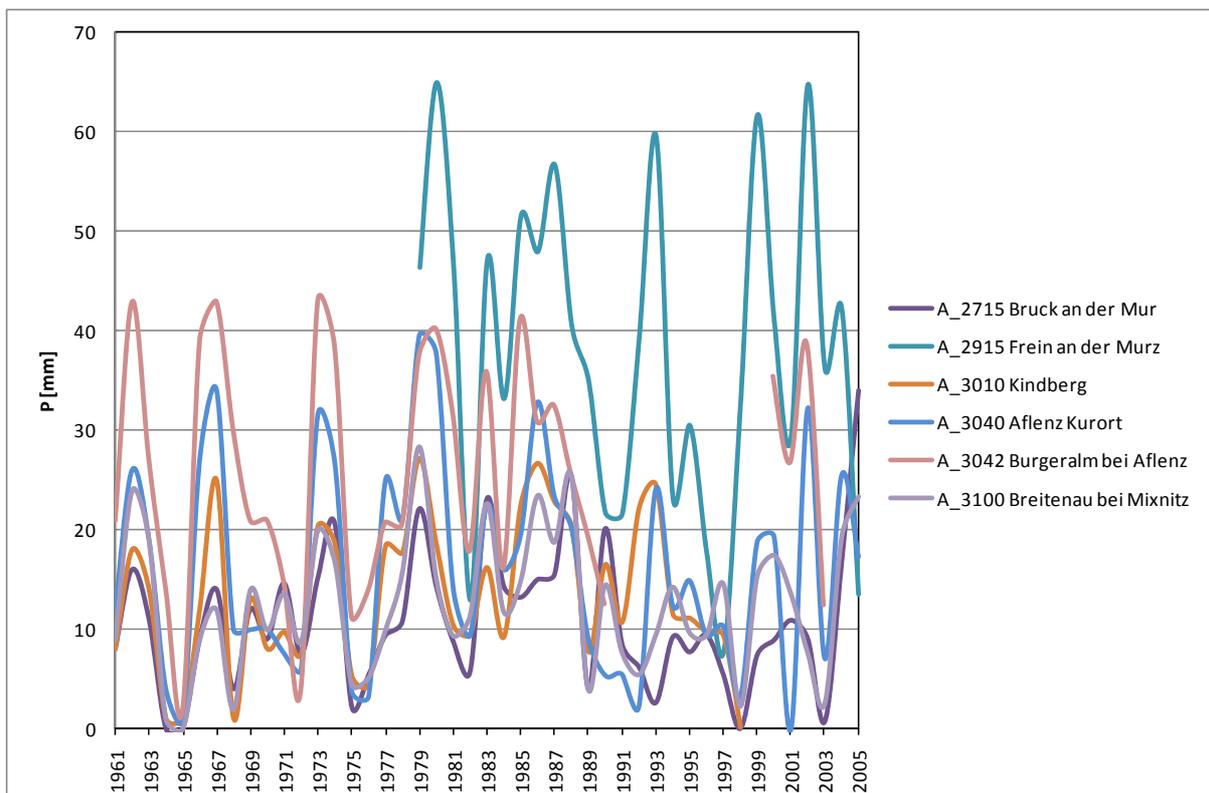


Bild 2.1.1.4: Minimale Monatsniederschläge im nördlichen Bereich des Einzugsgebiets

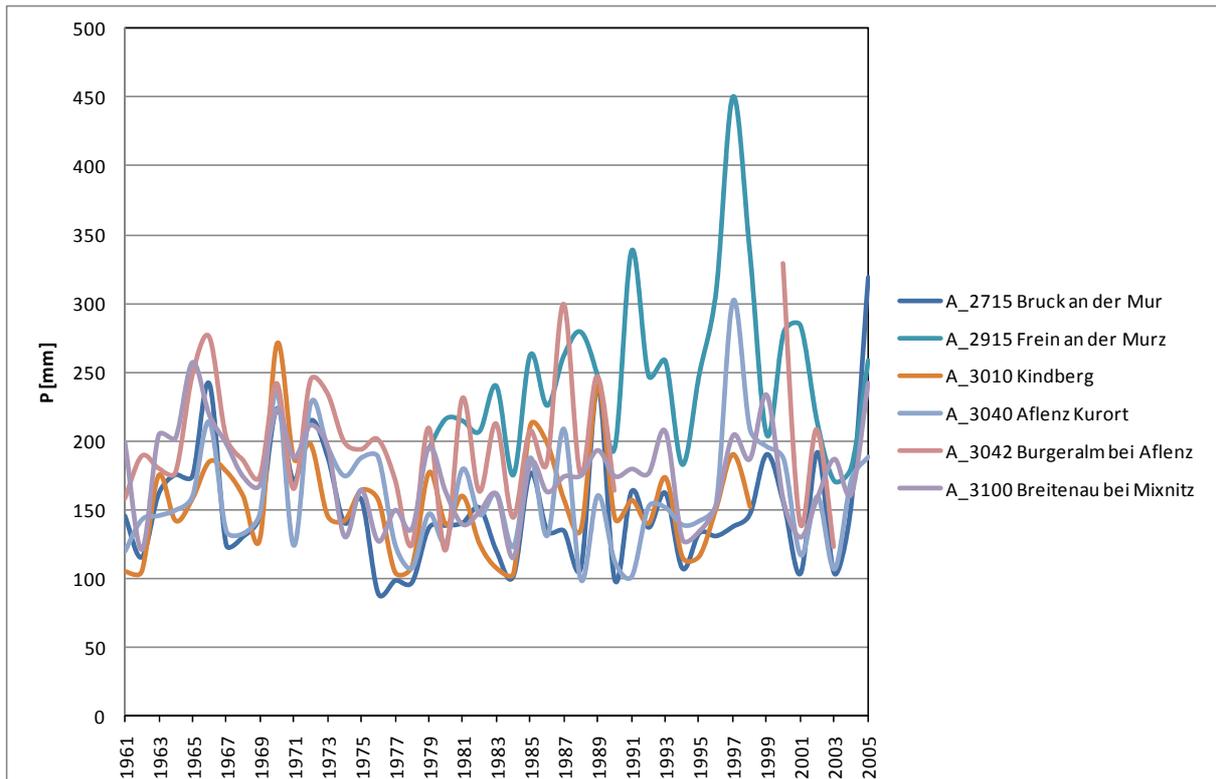


Bild 2.1.1.5: Maximale Monatsniederschläge im nördlichen Bereich des Einzugsgebiets

### ***Südlicher Bereich***

Die minimalen und maximalen Monatsniederschlagssummen weisen im südlichen Bereich des Einzugsgebiets einen negativen Trend auf. In den Bildern 2.1.1.6 und 2.1.1.7 sind die minimalen und maximalen Monatsdaten für acht Stationen dargestellt: A3390 Graz Andritz, A3397 Graz Universität, A3450 Graz Flugplatz, A3768 Gleinstätten, SI352 Lendava, HR Štrigova, H4533 Zalaapáti. Die Stationen liegen auf Seehöhen zwischen 200 und 400 m ü. A. Aufgrund der niedrigen Seehöhen sind die Niederschlagssummen nicht so stark vom Relief abhängig. Die minimalen monatlichen Niederschlagssummen liegen zwischen 0 und 60 mm (60 mm im Gebiet westlich von Graz, Seehöhen über 300 m ü. A.), die maximalen monatlichen Niederschlagsmengen liegen zwischen 60 und 360 mm. Auffällig sind die Unterschiede zwischen den Stationen im nördlichen Teil dieses Bereichs des Einzugsgebiets (westlich von Graz) und im südlichen Teil.

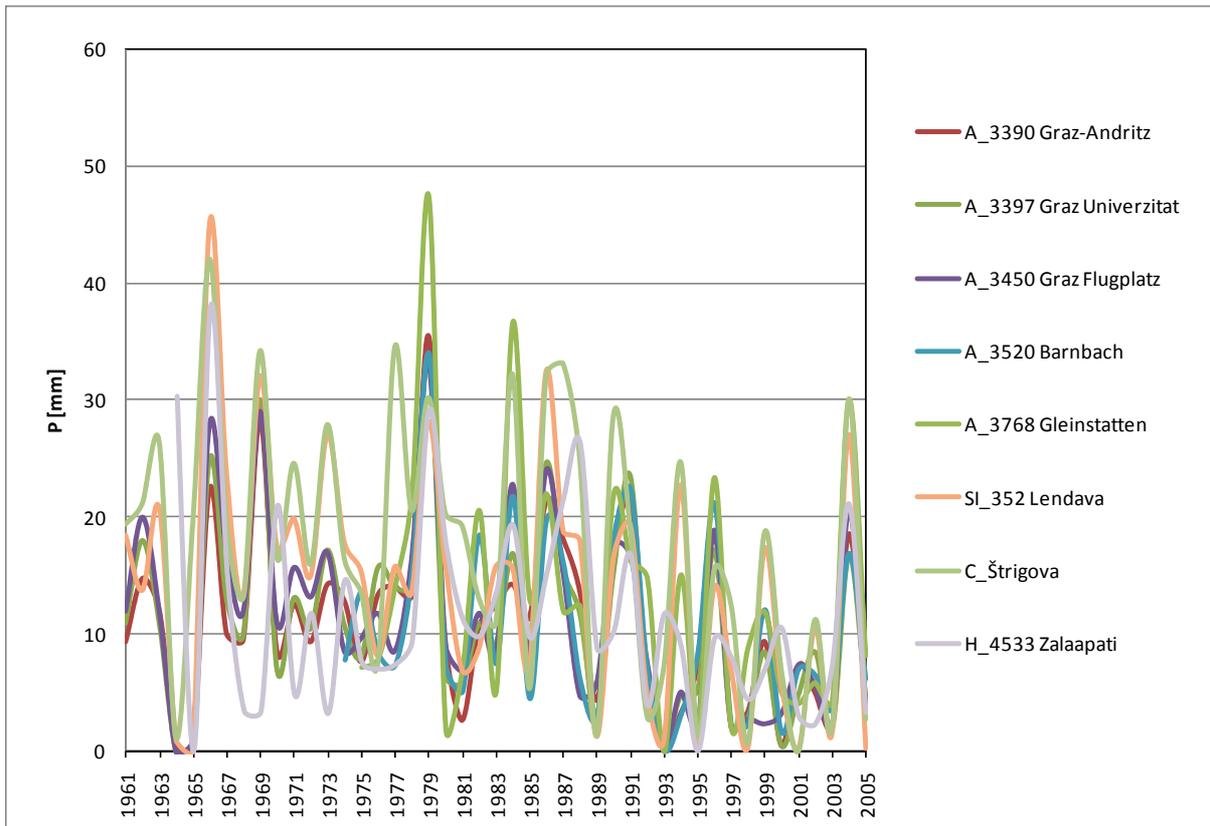


Bild 2.1.1.6: Minimale Monatsniederschläge im südlichen Bereich des Einzugsgebiets

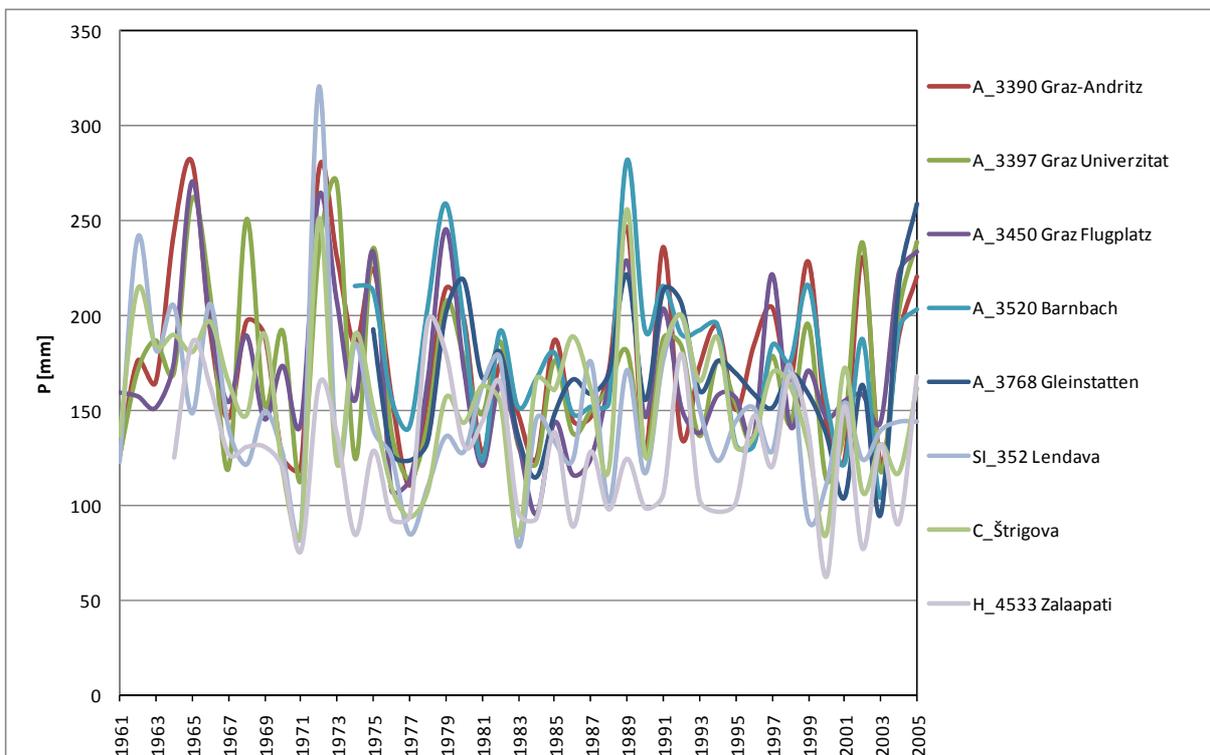


Bild 2.1.1.7: Maximale Monatsniederschläge im südlichen Bereich des Einzugsgebiets

Hinsichtlich der großräumigen Luftmassenbewegungen in Europa ist das Einzugsgebiet der Mur in einen nördlichen Bereich mit Gebirgsklima und einen südlichen Teil einzuteilen. Der größte Teil Europas steht klimatisch unter dem Einfluss feuchter Luftmassen vom Atlantischen Ozean (Luftmassenbewegung von

West nach Ost über die Alpen) – was sich im nördlichen Bereich des Mur-Einzugsgebiets bemerkbar macht. Das mäßig warme, feuchte Klima bekommt zum Kontinentalinneren hin ausgeprägtere kontinentale Züge (weniger Niederschläge, kühlere Winter und wärmere Sommer). Dies ist im südlichen Bereich des Einzugsgebiets der Mur zu beobachten.

## 2.1.2 Niederschlagstrends

Die Niederschlagstrends wurden für 99 Niederschlagsstationen, die in die Erstellung der digitalen Niederschlagskarte einbezogen sind, analysiert und sind in Tabelle 2.1.2.1 dargestellt.

Tabelle 2.1.2.1: Niederschlagstrends für 99 Stationen

Nr.	Code	Stationsname	Von	Bis	Niederschlagstrends	R <sup>2</sup>	P
1	2042	Paal-Stadl	1975	2005	$y = 5.48x + 641.3$	0.2	0.022
2	2051	Murau	1961	2005	$y = -1.57x + 903.7$	0.03	0.252
3	2080	Stolzalpe (Kurhaus)	1961	2003	$y = 1.02x + 903.3$	0.01	0.527
4	2090	Schöder	1961	2005	$y = 1.43x + 739.9$	0.04	0.221
5	2110	St. Lambrecht	1961	2005	$y = 1.57x + 892.5$	0.03	0.267
6	2140	Oberwölz	1961	2000	$y = 0.9x + 726.87$	0.01	0.538
7	2141	Oberwölz	1961	2005	$y = 0.38x + 734.51$	0.002	0.756
8	2170	Unzmarkt	1961	2005	$y = 0.89x + 731.35$	0.02	0.416
9	2310	Schmelz*	1961	2005	$y = 2.19x + 1051.4$	0.04	0.106
10	2320	Judenburg	1961	2005	$y = -2.54x + 875.3$	0.06	0.095
11	2330	St. Johann am Tauern	1961	2005	$y = 1.05x + 859.3$	0.02	0.427
12	2341	Pusterwald-Hinterwinkel	1961	2005	$y = 3.3x + 1013.6$	0.08	0.062
13	2370	Oberzeiring	1961	2005	$y = -1.47x + 897.8$	0.04	0.215
14	2400	Obdach	1961	2005	$y = -0.62x + 836.2$	0.006	0.609
15	2420	Zeltweg	1961	2005	$y = -1.82x + 842.7$	0.04	0.166
16	2490	Ingering II	1961	2005	$y = -0.1x + 840.2$	0.0001	0.948
17	2500	Seckau*	1961	2005	$y = -3.60x + 880.7$	0.2	0.007
18	2610	Kraubath an der Mur	1961	2005	$y = -1.79x + 782.5$	0.04	0.174
19	2630	Wald am Schoberpass	1961	2005	$y = 6.73x + 963$	0.2	0.0008
20	2635	Kalwang*	1967	2005	$y = -5.91x + 1198.8$	0.2	0.302
21	2640	Mautern	1961	2005	$y = 0.85x + 941.2$	0.007	0.834
22	2650	Leoben - Hinterberg	1984	2005	$y = -4.06x + 827$	0.04	0.352
23	2690	Trofaiach	1961	2005	$y = 1.75x + 726.2$	0.04	0.198
24	2715	Bruck an der Mur	1961	2005	$y = 1.87x + 751.8$	0.04	0.183
25	2915	Frein an der Mürz	1979	2005	$y = 8.24x + 1347.6$	0.14	0.060
26	2918	Niederalpl	1979	2005	$y = 15.67x + 1323.8$	0.3	0.002
27	2920	Mürzsteg	1961	2005	$y = 9.78x + 965.7$	0.4	1.02E-05
28	2925	Karlgraben	1979	2005	$y = 9.45x + 1019.8$	0.2	0.018
29	2950	Preiner Gscheid	1961	2005	$y = 3.09x + 955.7$	0.08	0.066
30	2980	Mürzzuschlag	1961	2005	$y = 9.28x + 798.5$	0.4	1.21E-06
31	3000	Veitsch*	1961	2005	$y = -0.17x + 871.8$	0.0002	0.112
32	3010	Kindberg	1961	1998	$y = 3.07x + 767.5$	0.07	0.123
33	3025	Stanz	1978	2005	$y = 4.57x + 798$	0.08	0.137
34	3040	Aflenz Kurort	1961	2005	$y = 0.49x + 877.1$	0.002	0.770
35	3042	Bürgeralm bei Aflenz	1961	2005	$y = 0.72x + 1126.3$	0.002	0.616
36	3070	Buchberg*	1961	2005	$y = -0.35x + 1233.3$	0.0004	0.553
37	3085	Tragöß	1961	2005	$y = 3.93x + 985.4$	0.1	0.032
38	3100	Breitenau bei Mixnitz	1961	2005	$y = 0.48x + 895.4$	0.002	0.752
39	3335	Rechberg	1971	2005	$y = -0.04x + 971.3$	5E-06	0.990

HYDROLOGISCHE STUDIE DER MUR

Nr.	Code	Stationsname	Von	Bis	Niederschlagstrends	R <sup>2</sup>	P
40	3341	Frohnleiten*	1961	2005	$y = -1.81x + 841.8$	0.03	0.094
41	3350	Gleinalpe -*	1961	1980	$y = -20.9x + 1445$	0.3	0.027
42	3352	Neuhof	1979	2005	$y = 1.71x + 951.8$	0.008	0.662
43	3360	Semriach	1971	2005	$y = -3.75x + 921.3$	0.04	0.241
44	3385	Pleschkogel	1971	2005	$y = -0.94x + 1027.5$	0.003	0.748
45	3388	Gratkorn	1967	2005	$y = 1.27x + 822.8$	0.01	0.509
46	3390	Graz-Andritz	1961	2005	$y = -1.25x + 895$	0.01	0.457
47	3397	Graz (Universität)	1961	2005	$y = -1.24x + 876$	0.04	0.184
48	3450	Graz (Flugplatz)	1961	2005	$y = -1.24x + 868$	0.02	0.431
49	3520	Bärnbach	1974	2005	$y = -0.75x + 868.4$	0.003	0.787
50	3540	Lobming	1961	2005	$y = -1.6x + 961.4$	0.02	0.362
51	3620	Packer Sperre	1961	2001	$y = -2.36x + 1023$	0.05	0.162
52	3640	Pack	1961	2005	$y = 3.14x + 882.1$	0.05	0.143
53	3645	Hirschegg	1980	2005	$y = 5.94x + 968.5$	0.1	0.074
54	3670	Maria Lankowitz	1961	2005	$y = -1.71x + 958$	0.02	0.341
55	3690	Ligist	1961	2005	$y = -2.58x + 963.2$	0.05	0.139
56	3695	Gschnaidt	1986	2005	$y = 0.64x + 1002.7$	0.0008	0.906
57	3700	Södingberg	1980	2005	$y = -1.15x + 865.1$	0.006	0.709
58	3705	Sajach	1961	2005	$y = -5.59x + 999.3$	0.2	0.0032
59	3730	Wiel	1961	2005	$y = -0.53x + 1303.5$	0.001	0.809
60	3740	Wies	1978	2005	$y = -1.43x + 1069.2$	0.006	0.685
61	3745	Limberg	1984	2005	$y = -3.96x + 1114.1$	0.04	0.376
62	3750	St. Anna ob Schwanberg*	1961	2005	$y = -1.93x + 1285.8$	0.02	0.385
63	3765	Glashütten	1961	2001	$y = -0.35x + 1303$	0.0006	0.883
64	3768	Gleinstätten	1975	2005	$y = -1.07x + 958.6$	0.003	0.757
65	3769	St. Lorenzen	1984	2005	$y = -0.01x + 1202.7$	5E-07	0.998
66	3770	Eibiswald	1961	2005	$y = -3.05x + 1145.4$	0.06	0.106
67	3780	Leutschach	1961	2005	$y = -3.52x + 1185$	0.07	0.079
68	3790	Kitzeck im Sausal	1961	2005	$y = -2.65x + 987.7$	0.06	0.107
69	3795	St. Nikolai im Sausal	1961	2005	$y = -4.79x + 1035.7$	0.14	0.011
70	3800	Hebalpe	1961	2005	$y = -4.27x + 1247$	0.15	0.008
71	3821	Deutschlandsberg*	1961	2005	$y = -2.51x + 1168.5$	0.03	0.294
72	3830	Stainz	1961	2005	$y = -2.15x + 993.1$	0.04	0.181
73	3850	Leibnitz	1961	2004	$y = -2.33x + 965.3$	0.04	0.208
74	3870	Kirchbach in Steiermark	1961	2005	$y = -1.63x + 860.8$	0.03	0.277
75	3880	Strass	1975	2005	$y = -0.11x + 892.9$	7E-05	0.965
76	3882	Zehensdorf	1981	2005	$y = -3.63x + 917.1$	0.04	0.325
77	3885	Unterpurkla	1971	2005	$y = -2.2x + 848$	0.03	0.291
78	3890	St. Peter am Ottersbach	1961	2005	$y = -3.68x + 942.6$	0.1	0.021
79	3896	Straden	1961	2005	$y = -2.92x + 866.3$	0.08	0.060
80	3900	Bad Gleichenberg*	1961	2005	$y = -1.82x + 890$	0.03	0.351
81	3912	Bad Radkersburg*	1973	2005	$y = -2.53x + 857$	0.04	0.652
82	3915	Waltra	1970	2005	$y = -3.39x + 852.5$	0.08	0.088
83	3920	Zelting	1961	2005	$y = -0.49x + 814.7$	0.003	0.721

## HYDROLOGISCHE STUDIE DER MUR

Nr.	Code	Stationsname	Von	Bis	Niederschlagstrends	R <sup>2</sup>	P
84	352	Lendava	1961	2005	$y = -2.82x + 855.2$	0.07	0.080
85	355	Murska Sobota	1961	2005	$y = -1.96x + 848.4$	0.04	0.177
86		Štrigova	1961	2005	$y = -1.29x + 871.9$	0.01	0.438
87		Čakovec*	1981	2005	$y = 0.12x + 756.5$	3E-05	0.273
88		Varaždin	1961	2005	$y = -3.69x + 941.7$	0.1	0.033
89	166019	Lenti	1973	2005	$y = 0.65x + 718.4$	0.004	0.725
90	166022	Nagykanizsa	1961	2005	$y = -0.63x + 750.5$	0.004	0.671
91	166000	Bajánsenye	1967	2005	$y = -2.51x + 745.2$	0.06	0.146
92	529	Nova	1967	2005	$y = -0.53x + 727.1$	0.004	0.714
93	166018	Letenye	1974	2005	$y = -3.35x + 843.6$	0.05	0.204
94	532	Szalafő	1972	2005	$y = -3.67x + 773.4$	0.09	0.078
95	166061	Zalaegerszeg	1961	2005	$y = -1.61x + 726.3$	0.04	0.222
96	166065	Sőjtör	1975	2005	$y = -6.04x + 856.1$	0.17	0.020
97	4533	Zalaapáti	1964	2005	$y = -1.57x + 686.4$	0.02	0.344
98	4534	Zalacomár	1975	2005	$y = 4.31x + 619.64$	0.09	0.103
99	166025	Pogányzentpéter	1971	2005	$y = 1.54x + 729.1$	0.014	0.503

In Tabelle 2.1.2.1 sind 99 Niederschlagsstationen mit dem Zeitraum der vorhandenen Daten, dem für diesen Zeitraum ermittelten Trend und der Korrelation R<sup>2</sup> gezeigt. Stationen mit negativen Trends sind in rot, diejenigen mit positiven Trends in schwarz dargestellt.

Bei sämtlichen mit einem Sternchen (\*) gekennzeichneten Stationen bestanden Datenlücken, bei diesen wurde für die Trendberechnung die längste ununterbrochene Datenreihe verwendet.

Es zeigt sich, dass die Niederschläge im Einzugsgebiet der Mur überwiegend negative Trends aufweisen. Einen positiven Trend zeigen die Niederschläge bei einzelnen Stationen im nördlichen Bereich des Einzugsgebiets. Der südliche Bereich des Einzugsgebiets zeigt einen negativen Trend.

Der Wert R<sup>2</sup> drückt aus, wie gut sich die lineare Regressionsfunktion an die Daten anpasst. Je mehr sich R<sup>2</sup> dem Wert 1 nähert, desto stärker passen sich die Daten der Regressionsgerade an. Je mehr sich R<sup>2</sup> dem Wert 0 nähert, desto horizontaler mit unausgeprägtem Trend verläuft die Regressionsfunktion (in Tabelle 2.1.2.1 in violetter Farbe angegeben). Unausgeprägte Trends sind in höherem Maße im mittleren Bereich des Einzugsgebiets der Mur festzustellen.

In die Spalte der P-Werte in Tabelle 2.1.2.1 sind diejenigen Werte, die angesichts des Signifikanzniveaus ( $P < 0.05$ ) einen statistisch signifikanten Trend darstellen, in blauer Farbe angegeben. Einen statistisch signifikanten Trend weisen 15 Stationen auf, darunter fünf Stationen mit einem kürzeren Beobachtungszeitraum als 1961 - 2005. Ein statistisch signifikanter Trend für den Zeitraum 1961 - 2005 liegt bei folgenden Stationen vor: A2630 Wald am Schoberpass, A2920 Mürzsteg, A2980 Mürzzuschlag, A3085 Tragöß (alle im äußersten Norden des Einzugsgebiets, Einzugsgebiet der Mürz), A3705 Sajach, A3795 St. Nikolai im Sausal, A3800 Hebalpe, A3890 St. Peter am Ottersbach (mittlerer Bereich des Einzugsgebiets) und HR Varaždin (südlicher Teil des Einzugsgebiets). Die ersten vier Trends im nördlichen Bereich des Einzugsgebiets

sind statistisch signifikant positiv, die Trends im mittleren Bereich des Einzugsgebiets sind statistisch signifikant negativ (vier Stationen) und der einzige statistisch signifikante Trend im südlichen Bereich des Einzugsgebiets ist negativ.

Die Jahresniederschlagssummen wurden durch den Mittelwert der Jahresniederschlagssummen des Zeitraums 1961 - 1990 dividiert (Gleichung 2.1.2.1), anschließend wurden Diagramme mit dem gleitenden Mittelwert in 10-Jahres-Schritten erstellt (Gleichung 2.1.2.2).

$$p = P/AVERAGE(P(1961-1990)) \quad (2.1.2.1)$$

$$P(i)=AVERAGE (P(i-9,i)) \quad (2.1.2.2)$$

Die auf diese Weise ermittelten normalisierten Daten können in einem einzigen Diagramm für mehrere Stationen gleichzeitig dargestellt werden.

Die normalisierten Daten für sechs Niederschlagsstationen sind in Bild 2.1.2.1 dargestellt. Die Daten weisen auf einen ähnlichen Trend im gesamten Einzugsgebiet hin, die Änderungen schwanken innerhalb einer Bandbreite von  $\pm 5$  %. Der Unterschied ist nur im letzten Zeitraum bemerkbar, in welchem sich ein signifikanter Unterschied zwischen dem westlichen, alpinen Bereich des Einzugsgebiets, wo die Niederschläge zunehmen, und dem östlichen, flachen Bereich, wo sie abnehmen, zeigt.

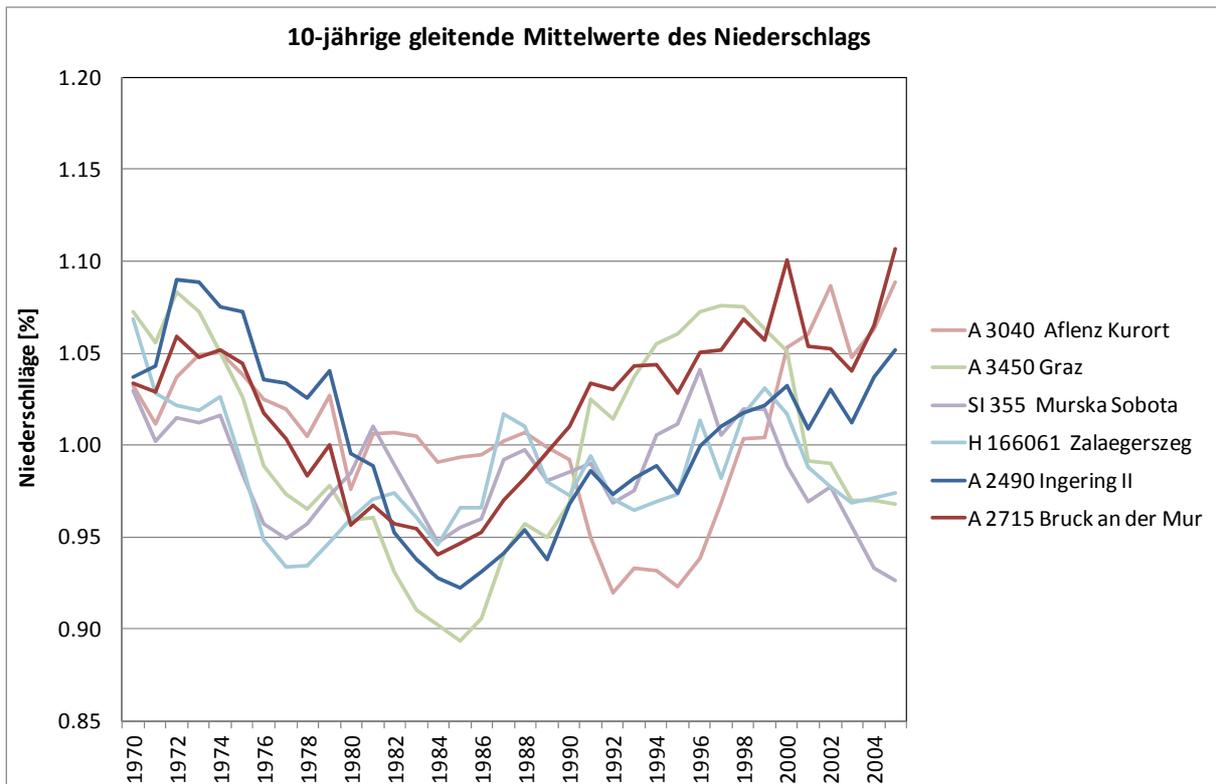


Bild 2.1.2.1: Normalisierte Niederschläge für ausgewählte Stationen

### 2.1.3 Temperaturdaten

Temperaturdaten standen für 17 Stationen zur Verfügung (12 österreichische, 2 slowenische, 2 kroatische und 1 ungarische). Durchschnittstemperaturen, minimale und maximale Temperaturen für den gesamten verfügbaren Zeitraum sind in Tabelle 2.1.3.1 dargestellt, die Jahresdaten sind in den Bildern 2.1.3.1, 2.1.3.2 und 2.1.3.3 dargestellt.

Tabelle 2.1.3.1: Mittlere, minimale und maximale Temperaturen für den gesamten verfügbaren Zeitraum

	<b>Mittel T [°C]</b>	<b>Minimum T [°C]</b>	<b>Maximum T [°C]</b>
Hohentauern	4,5	-9,5	18,3
Paal-Stadl	5,7	-7,9	17,5
Judenburg	7,9	-7,0	21,1
Obdach	6,1	-10,0	19,4
Mautern	6,9	-7,6	20,2
Preiner Gscheid	5,3	-9,0	16,9
Pleschkogel	7,0	-7,7	20,8
Hirschegg	6,4	-8,6	19,2
Graz-Andritz	9,0	-6,9	22,1
Wies	9,0	-5,7	22,5
Stainz	8,6	-8,9	22,3
St.Peter am Ottersbach	8,9	-7,7	22,5
Lendava	10,24	-6,4	24,2
Murska Sobota	9,51	-7,9	24,2
Čakovec	10,20	-4,6	24,1
Varaždin	10,18	-7,3	24,5
Nagykanizsa	9,83	-6,8	23,0

# HYDROLOGISCHE STUDIE DER MUR

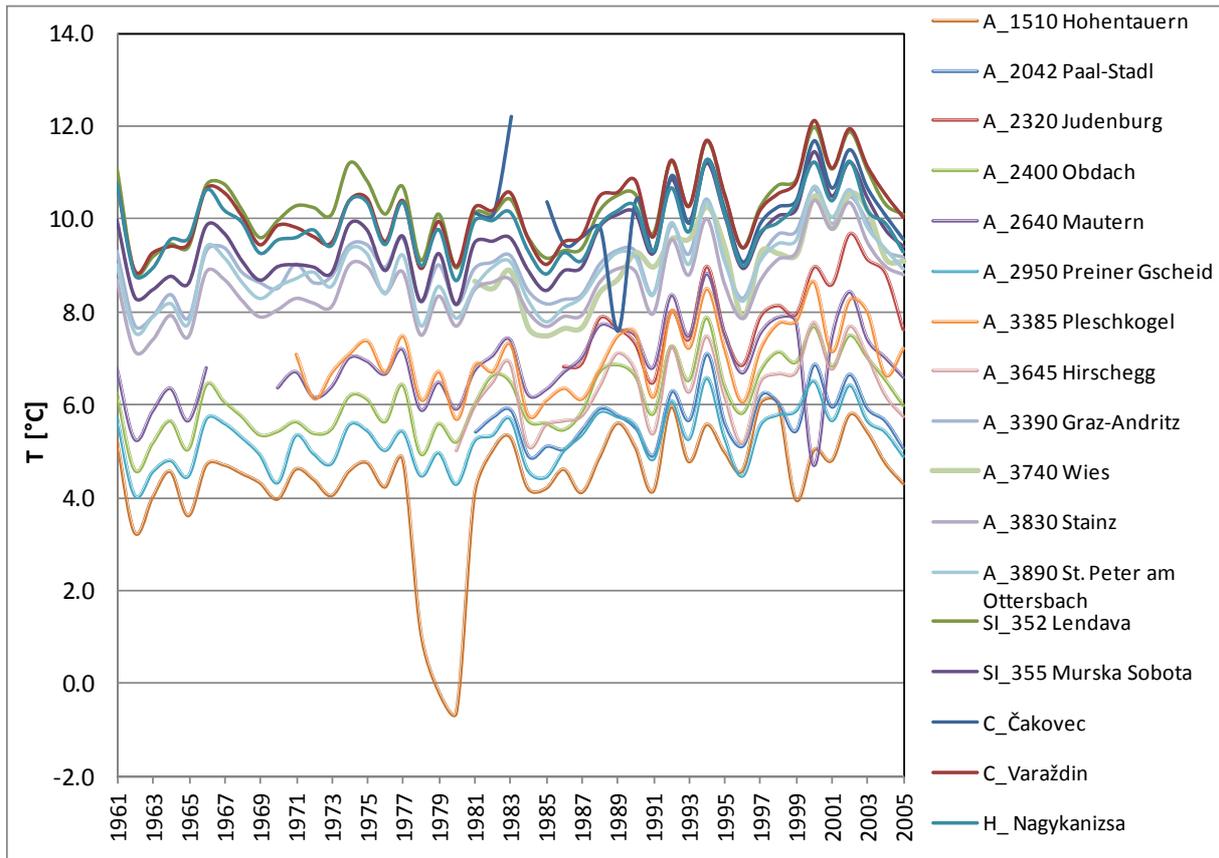


Bild 2.1.3.1: Jahresmitteltemperatur

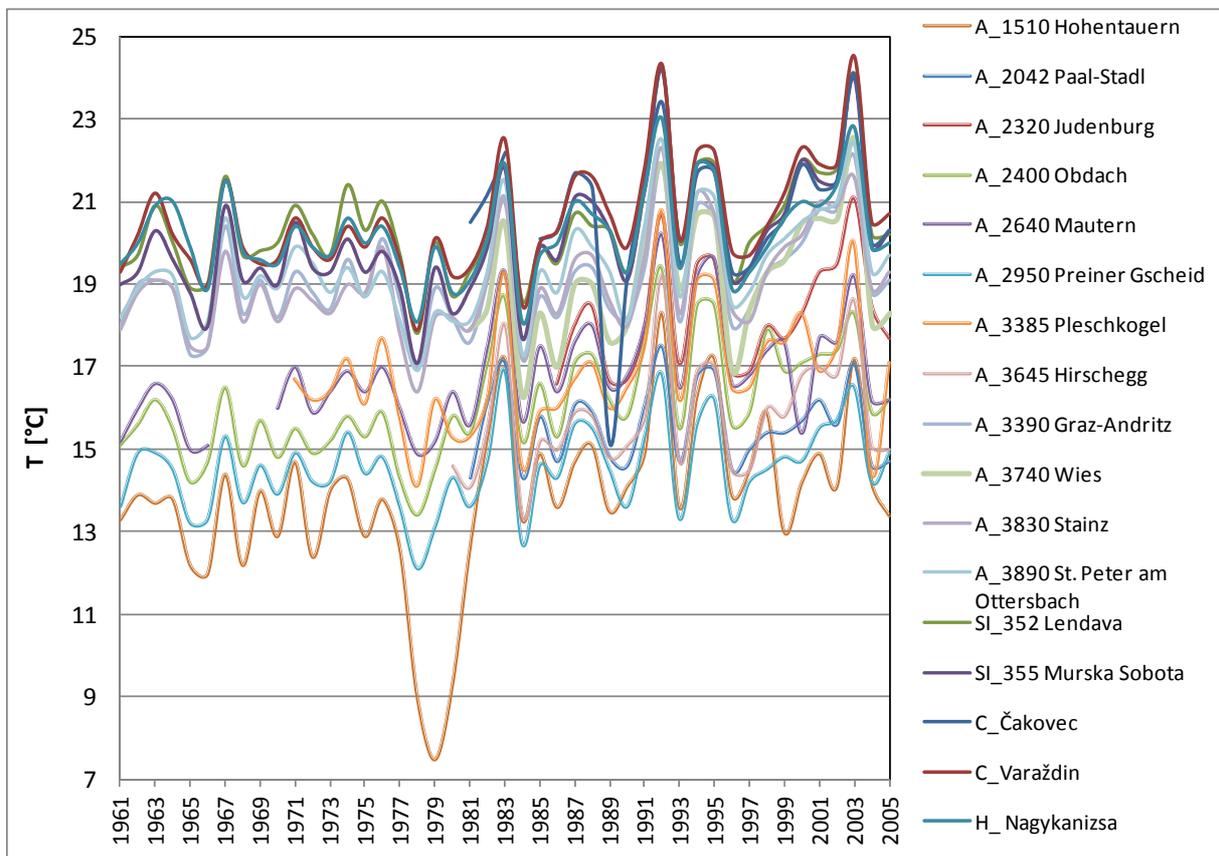


Bild 2.1.3.2: Jahreshöchsttemperatur

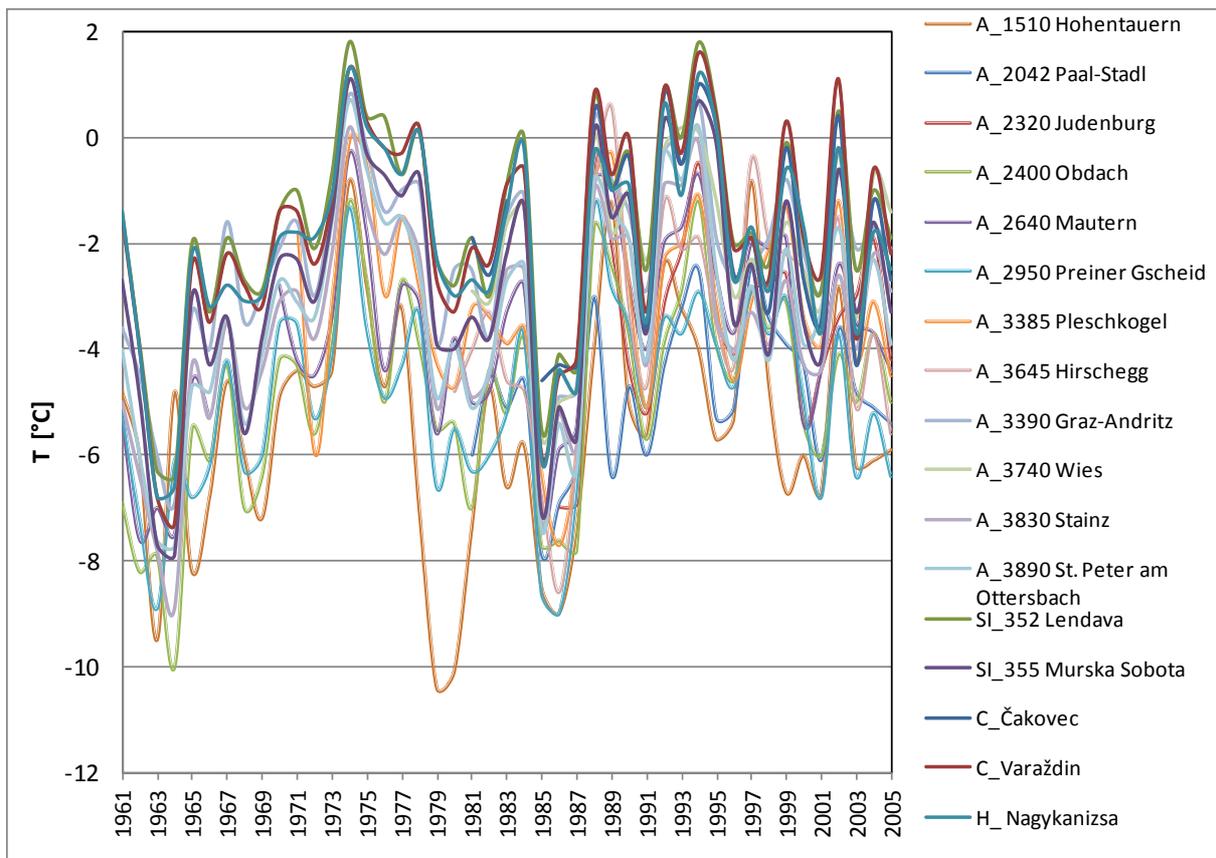


Bild 2.1.3.3: Jahrestiefsttemperatur

Die Temperaturdaten an allen Pegeln weisen einen steigenden Trend auf.

## 2.1.4 Temperaturtrend

Für alle 17 verfügbaren Stationen im südlichen Bereich des Einzugsgebietes wurden die Temperaturdaten analysiert und die Trends berechnet (Tabelle 2.1.4.1).

Tabelle 2.1.4.1: Temperaturtrend bei den verfügbaren Stationen

Nr.	Code	Stationsname	Von	Bis	Temperaturtrend	R <sup>2</sup>	P
1	1510	Hohentauern	1961	2005	$y = 0.0298x + 3.7$	0.087	0.0495
2	2042	Paal-Stadl	1981	2005	$y = 0.0258x + 5.4$	0.107	0.11
3	2320	Judenburg	1986	2005	$y = 0.0972x + 6.9$	0.433	0.002
4	2400	Obdach	1961	2005	$y = 0.0385x + 5.3$	0.446	5.4E-07
5	2640	Mautern*	1961	2005	$y = 0.0325x + 6.1$	0.257	0.02
6	2950	Preiner Gscheid	1961	2005	$y = 0.0207x + 4.8$	0.204	0.002
7	3385	Pleschkogel	1971	2005	$y = 0.0338x + 6.4$	0.201	0.007
8	3390	Graz-Andritz	1961	2005	$y = 0.0285x + 8.4$	0.289	0.0001
9	3645	Hirscheegg	1980	2005	$y = 0.0425x + 5.8$	0.175	0.03
10	3740	Wies	1981	2005	$y = 0.079x + 8.0$	0.425	0.0004

HYDROLOGISCHE STUDIE DER MUR

11	3830	Stainz	1961	2005	$y = 0.0347x + 7.8$	0.361	1.3E-05
12	3890	St.Peter am Ottersbach	1961	2005	$y = 0.032x + 8.2$	0.307	7.9E-05
13	352	Lendava	1961	2005	$y = 0.0224x + 9.7$	0.146	0.01
14	355	Murska Sobota	1961	2005	$y = 0.036x + 8.7$	0.342	2.5E-05
15		Čakovec*	1981	2005	$y = 0.0177x + 10.0$	0.018	0.09
16		Varaždin	1961	2005	$y = 0.0302x + 9.5$	0.259	0.0004
17		Nagykanizsa	1961	2005	$y = 0.013x + 9.5$	0.069	0.08

Bei den mit einem Sternchen (\*) gekennzeichneten Pegeln waren Datenlücken vorhanden und bei diesen wurde die längste ununterbrochene Datenserie verwendet. Bei der Station Čakovec war die kontinuierliche Aufzeichnung für den Zeitraum 1985-2005 vorhanden, und bei der Station A\_2640 Mautern für 1970-2005. Neben den beiden Stationen war die Datenserie mit einem kürzeren Beobachtungszeitraum als 1961-2005 noch bei Stationen A\_2042 Paal-Stadl, A\_2320 Judenburg, A\_3385 Pleschkogel, A\_3645 Horschegg und A\_3830\_Stainz vorhanden.

Alle Temperaturtrends waren erwartungsgemäß positiv. Einen statistisch signifikanten Trend  $P < 0,05$  (in violetter Farbe angegeben) weisen alle Stationen mit der kontinuierlichen Aufzeichnung für den Zeitraum 1985-2005 auf, ausgenommen Station Nagykanizsa (Tabelle 2.1.4.1).

## 2.2 Niederschlagskarte

Die Jahresniederschlagssumme variiert über das Einzugsgebiet relativ stark. Für die Ausarbeitung der Niederschlagskarte wurde der mittlere Jahresniederschlag für den Zeitraum 1971 - 2005 berechnet (Bild 2.2.1) (Annex III). Die maximalen Jahressummen in diesem Zeitraum variieren zwischen 1800 mm in den oberen Einzugsgebieten und 900 mm im südlichen Flachland.

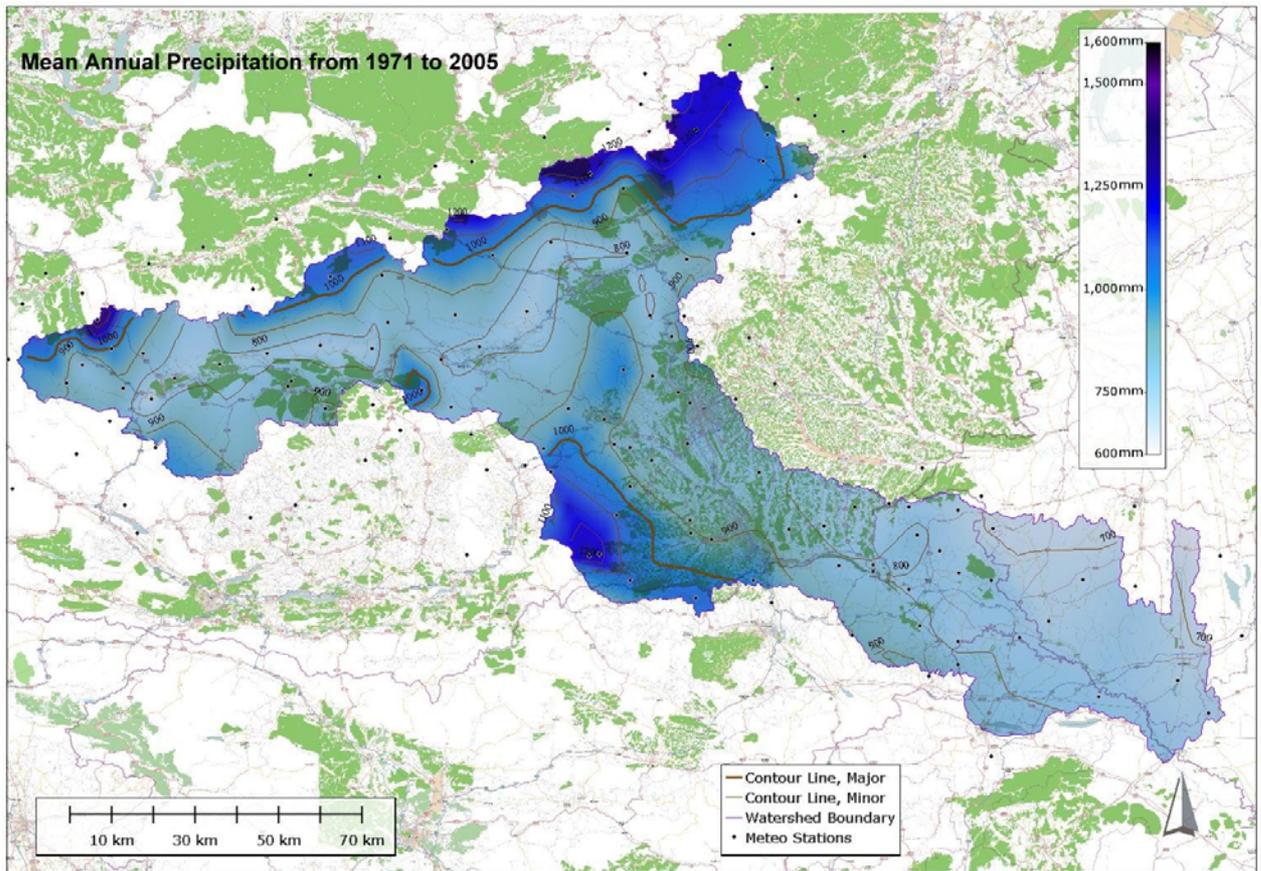


Bild 2.2.1: Karte der mittleren Jahresniederschlagssummen

### 3 DURCHFLÜSSE

Es wurden statistische Analysen der Durchflussdaten durchgeführt. Berechnet wurden folgende Werte: Mittelwert, Relativer Fehler, Median, Modus, Standardabweichung, Stichprobenvarianz, Kurtosis, Schiefe, Bereich, Minimum, Maximum, Summe, Datenzahl, Vertrauensgrenze (95%), Q95%min für die minimalen Monatsdaten, Q95% für die mittleren Monatsdaten und Q95 % für die maximalen Monatsdaten für jeden Pegel. Die Ganglinien, Trends und Dauerlinien der Durchflüsse sind graphisch für die minimalen, mittleren und maximalen Monatsdaten für jeden Pegel dargestellt (Kapitel 3.1.1; Bilder 3.1.1.1 - 3.1.1.48). Die Daten sind im Annex II dargestellt.

Der im Kapitel 3.1.4 angegebene Wert Q95% wurde aus Tagesdaten berechnet, wobei auch ein Vergleich für unterschiedliche Zeiträume aus Tageswerten durchgeführt wurde (Tabelle 3.1.4.1).

Es wurden Korrelationen zwischen allen Pegeln für die mittleren, minimalen und maximalen Durchflusswerte erstellt (Kapitel 3.1.3).

Außerdem wurde der spezifische Durchfluss für den mittleren, minimalen und maximalen Monatsdurchfluss für alle Pegel berechnet (Kapitel 3.2).

Weiters wurde eine Analyse der Durchflusstrends und der Datenhomogenität durchgeführt. Die Analyse der nichtlinearen Durchflusstrends ist anhand der normalisierten Daten erstellt (Kapitel 3.3).

Die charakteristischen Durchflüsse wurden mit dem Programm für statistische Analyse HEC-SSP 1.1 (2009) berechnet, das im Hydrologic Engineering Center of US Army Corps of Engineers entwickelt wurde. Die maximalen Durchflüsse wurden mit den Verteilungen Log Pearson Typ III, Log Normal und Pearson Typ III analysiert. Die theoretischen Durchflüsse mit den Wiederkehrperioden 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 300, 500 und 1000 Jahre wurden mit einer Vertrauensgrenze von 95% geschätzt (Kapitel 3.4). Eingehendere Analysen und graphische Darstellungen sind beigelegt (Annex II).

Die Niederwasserdurchflüsse wurden mit der Log-Normal-Verteilung und der Pearson-Typ-III-Verteilung analysiert, die gewöhnlich bei diesen Analysen verwendet werden. Die Extremal-I-Verteilung (Gumbel-Verteilung) ist im Allgemeinen nicht für die Analyse minimaler Durchflüsse zu empfehlen, da sie am unteren Rand negative Werte ergeben kann. Bei der erwähnten Analyse wurde die Wahrscheinlichkeit des Auftretens untersucht. Die theoretischen Niederwasserdurchflüsse mit den Wiederkehrperioden 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 300, 500 und 1000 Jahre wurden mit einer Vertrauensgrenze von 95% geschätzt (Kapitel 3.5). Eingehendere Analysen sind beigelegt (Annex II).

Der Abflusskoeffizient wurde für den mittleren Jahresdurchfluss des gewählten Zeitraums berechnet, für den alle Daten zur Verfügung standen (1971 - 2005). Die Ergebnisse sind im Kapitel 3.6 dargestellt.

Verwendete Daten: minimale, maximale und mittlere Monatsdurchflüsse (Österreich).

### 3.1 Statistische Analyse der Monatsdurchflüsse

#### 3.1.1 Statistische Daten der Monatsdurchflüsse

Für diese statistische Analyse wurden die Monatsmittelwerte - gerechnet aus den Tagesmittelwerten - und die zu einem bestimmten Zeitpunkt im Monat aufgetretenen minimalen- und maximalen Durchflüsse verwendet.

#### A 2055 Gestüthof/Mur

Tabelle 3.1.1.1: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 2055 Gestüthof (Mur)

Daten für den Zeitraum: 1961 - 2005

	<i>Qmin</i>	<i>Qmittel</i>	<i>Qmax</i>
Mittelwert	19.40	35.70	83.92 m <sup>3</sup> /s
Relativer Fehler	0.59	1.06	3.13 m <sup>3</sup> /s
Median	14.97	28.71	65.00 m <sup>3</sup> /s
Modus	10.41	13.55	78.98 m <sup>3</sup> /s
Standardabweichung	13.75	24.54	72.64 m <sup>3</sup> /s
Stichprobenvarianz	189.14	602.26	5276.40 m <sup>3</sup> /s
Kurtosis	4.26	2.09	6.40
Schiefe	1.76	1.34	2.14
Bereich	102.40	153.66	482.58 m <sup>3</sup> /s
Minimum	2.60	5.72	7.42 m <sup>3</sup> /s
Maximum	105.00	159.38	490.00 m <sup>3</sup> /s
Summe	10457.30	19301.23	45233.57 m <sup>3</sup> /s
Zählen	539.00	540.00	539.00
Konfidenzbereich (95,0 %)	1.16	2.07	6.15
Monatliches Minimum Q95%	5.90	m <sup>3</sup> /s	
Monatliches Mittel Q95%	10.27	m <sup>3</sup> /s	
Monatliches Maximum Q95%	15.10	m <sup>3</sup> /s	

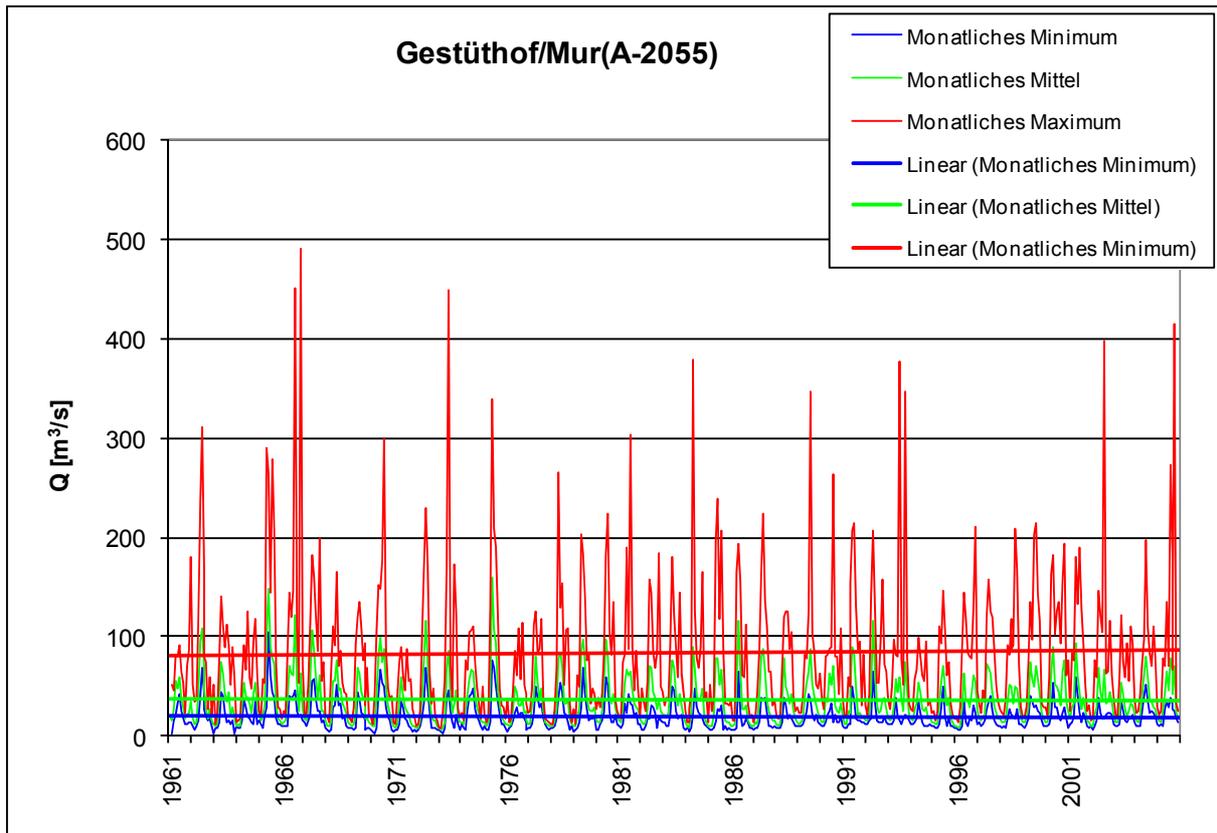


Bild 3.1.1.1: Monatsdurchflüsse am Pegel A 2055 Gestüthof (Mur)

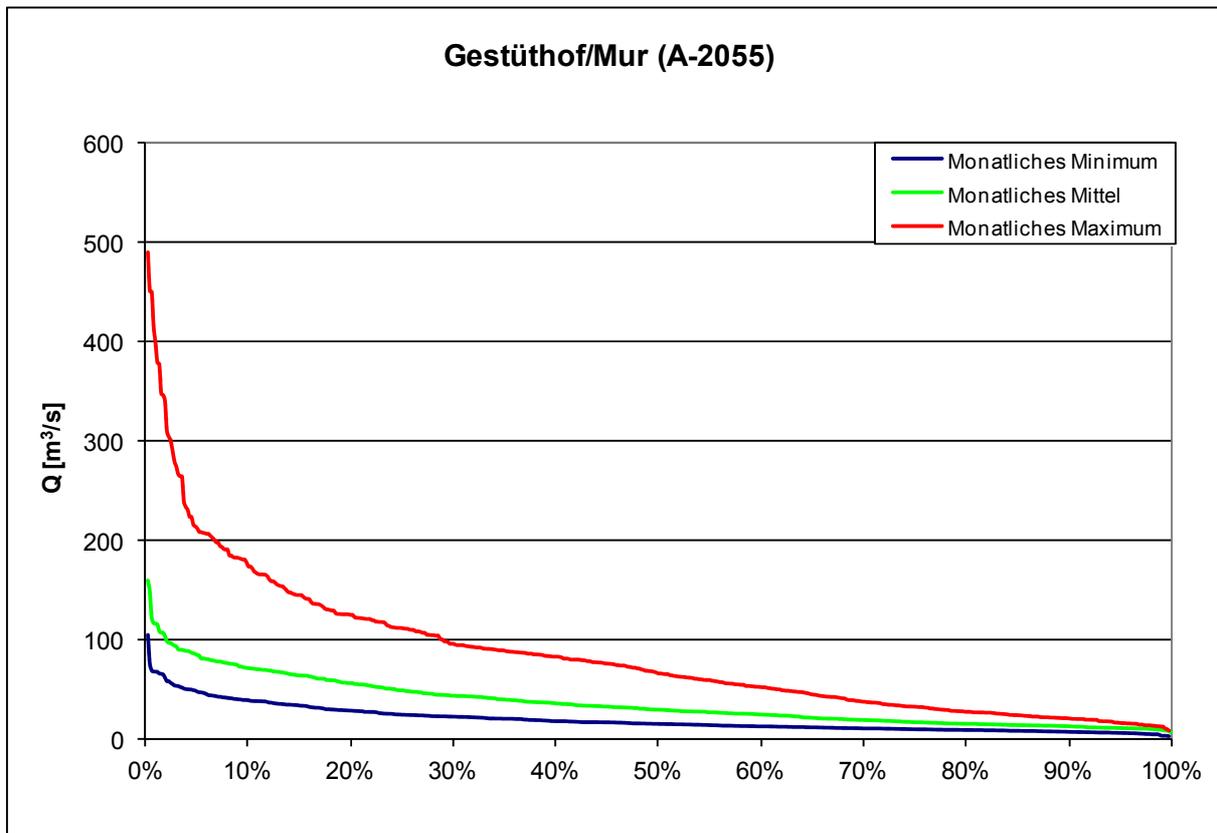


Bild 3.1.1.2: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 2055 Gestüthof (Mur)

**A 2170 St. Georgen/Mur**

Tabelle 3.1.1.2: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 2170 St. Georgen/Mur

Daten für den Zeitraum: 1961 - 2005

	<i>Q<sub>min</sub></i>	<i>Q<sub>mittel</sub></i>	<i>Q<sub>max</sub></i>
Mittelwert	28.32	45.58	97.80 m <sup>3</sup> /s
Relativer Fehler	0.74	1.27	3.78 m <sup>3</sup> /s
Median	24.90	37.21	75.89 m <sup>3</sup> /s
Modus	20.00	49.82	37.20 m <sup>3</sup> /s
Standardabweichung	17.22	29.62	87.88 m <sup>3</sup> /s
Stichprobenvarianz	296.43	877.26	7723.68 m <sup>3</sup> /s
Kurtosis	3.21	2.14	5.94
Schiefe	1.45	1.33	2.13
Bereich	126.80	184.99	538.20 m <sup>3</sup> /s
Minimum	5.20	10.50	11.80 m <sup>3</sup> /s
Maximum	132.00	195.48	550.00 m <sup>3</sup> /s
Summe	15291.50	24614.95	52810.23 m <sup>3</sup> /s
Zählen	540.00	540.00	540.00
Konfidenzbereich (95,0 %)	1.46	2.50	7.43
Monatliches Minimum Q95%	9.20		m <sup>3</sup> /s
Monatliches Mittel Q95%	14.31		m <sup>3</sup> /s
Monatliches Maximum Q95%	19.18		m <sup>3</sup> /s

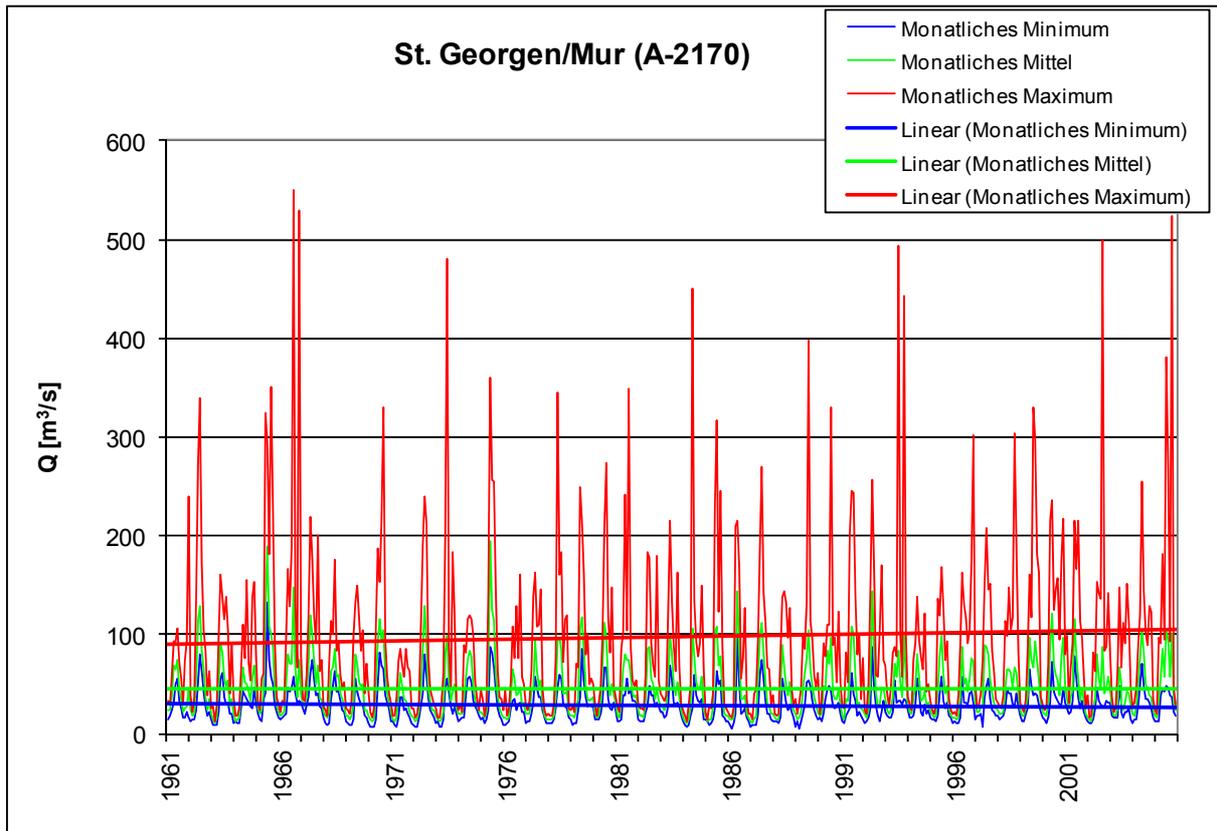


Bild 3.1.1.3: Monatsdurchflüsse am Pegel A 2170 St. Georgen/Mur

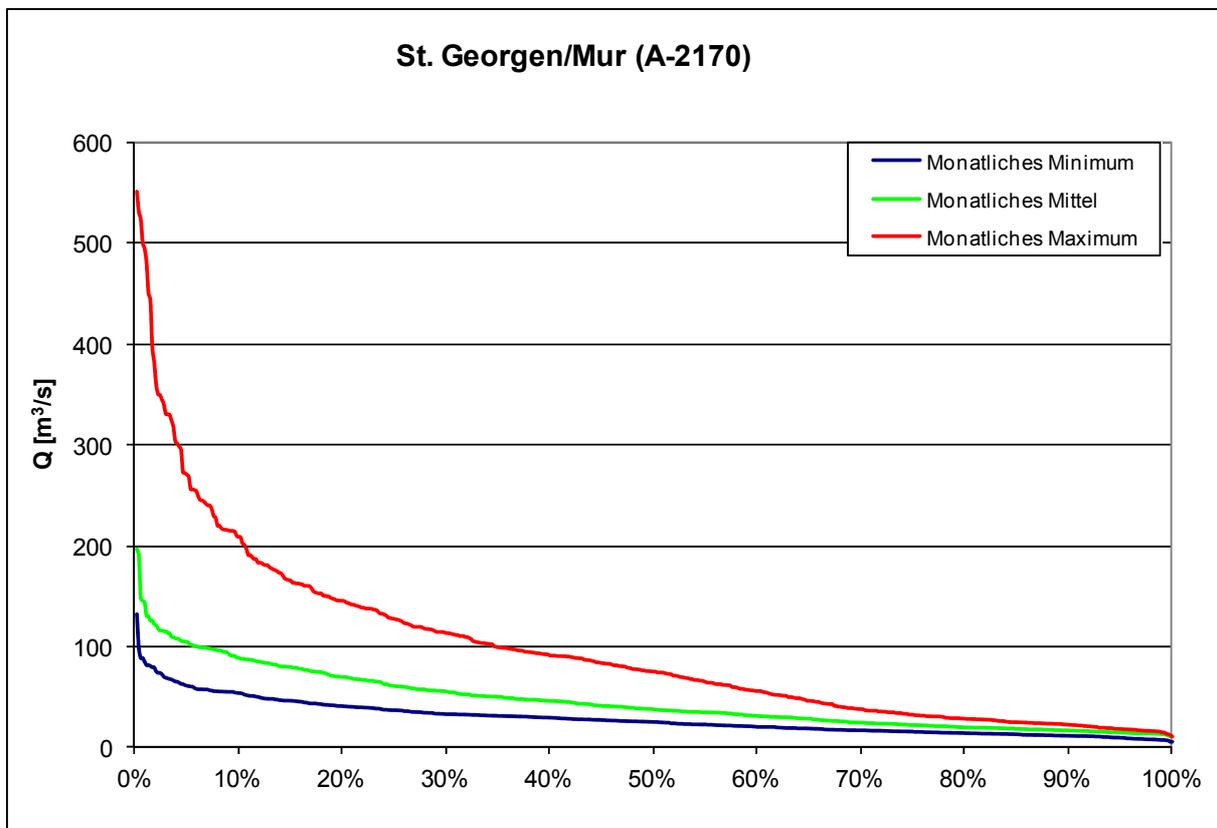


Bild 3.1.1.4: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 2170 St. Georgen/Mur

**A 2400 Zeltweg/Mur**

Tabelle 3.1.1.3: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 2400 Zeltweg (Mur)

Daten für den Zeitraum: 1977 - 2005

	<i>Q<sub>min</sub></i>	<i>Q<sub>mittel</sub></i>	<i>Q<sub>max</sub></i>
Mittelwert	33.30	57.13	118.11 m <sup>3</sup> /s
Relativer Fehler	1.07	1.86	4.86 m <sup>3</sup> /s
Median	28.20	47.54	97.40 m <sup>3</sup> /s
Modus	52.73	#N/V	111.65 m <sup>3</sup> /s
Standardabweichung	19.96	34.71	90.64 m <sup>3</sup> /s
Stichprobenvarianz	398.42	1204.56	8215.96 m <sup>3</sup> /s
Kurtosis	2.42	0.47	3.64
Schiefte	1.49	1.04	1.65
Bereich	107.04	170.75	549.25 m <sup>3</sup> /s
Minimum	8.17	14.39	17.39 m <sup>3</sup> /s
Maximum	115.21	185.13	566.64 m <sup>3</sup> /s
Summe	11586.67	19880.32	41101.73 m <sup>3</sup> /s
Zählen	348.00	348.00	348.00
Konfidenzbereich (95,0 %)	2.10	3.66	9.56
Monatliches Minimum Q95%	13.00	m <sup>3</sup> /s	
Monatliches Mittel Q95%	19.09	m <sup>3</sup> /s	
Monatliches Maximum Q95%	26.83	m <sup>3</sup> /s	

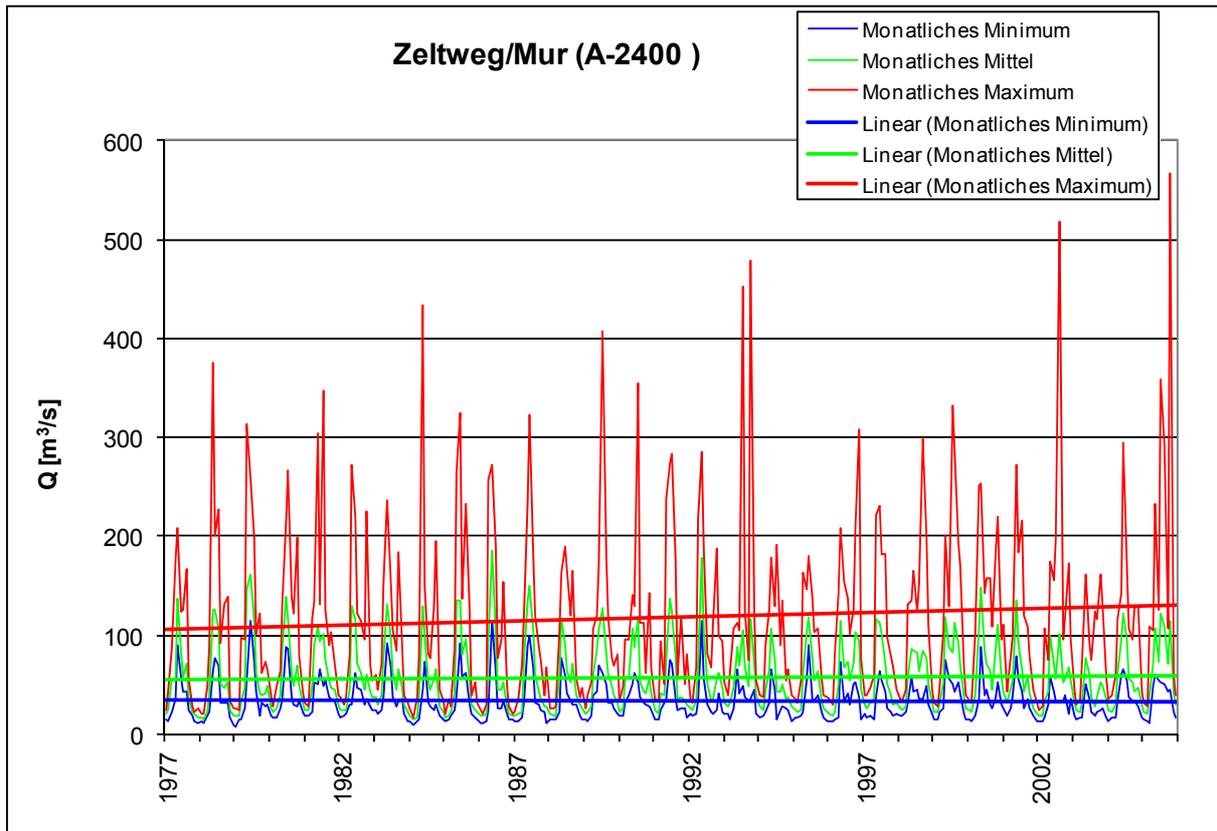


Bild 3.1.1.5: Monatsdurchflüsse am Pegel A 2400 Zeltweg(Mur).

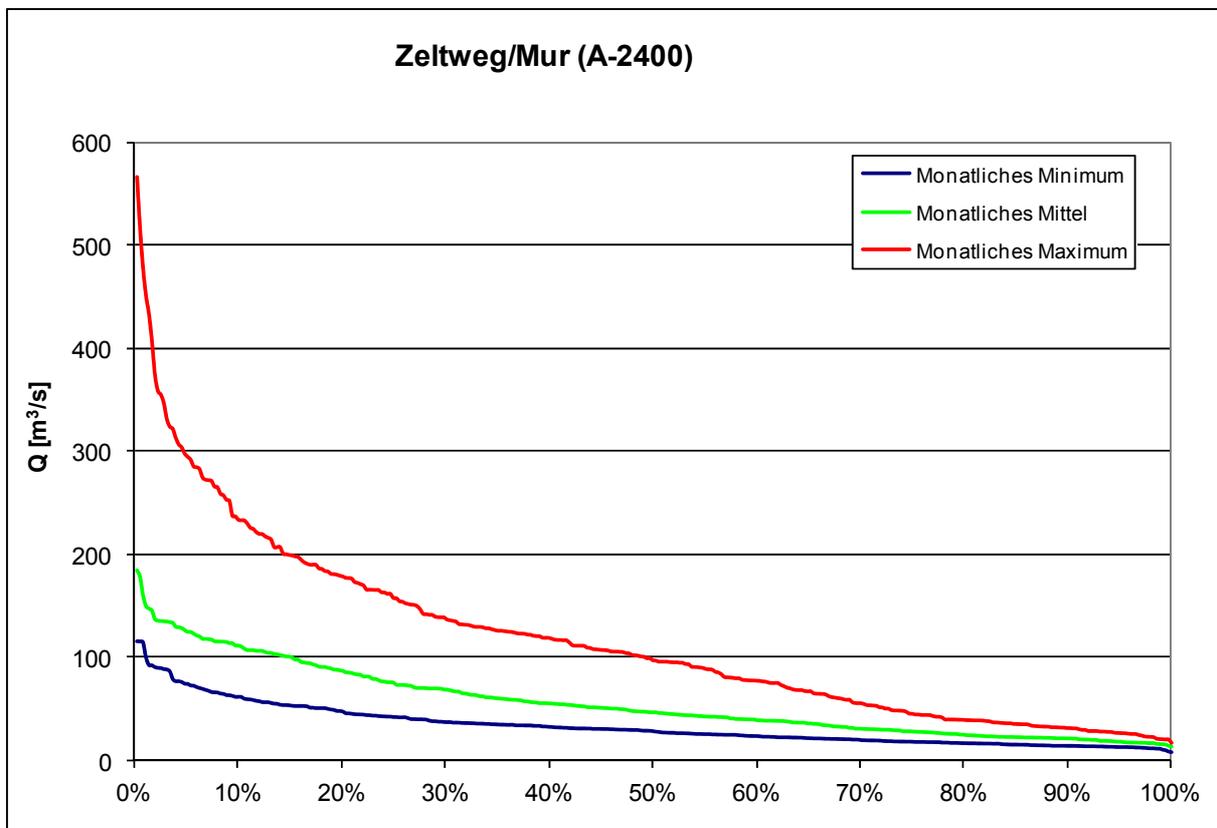


Bild 3.1.1.6: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 2400 Zeltweg(Mur)

**A 2700 Leoben/Mur**

Tabelle 3.1.1.4: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 2700 Leoben (Mur)

Daten für den Zeitraum: 1961 - 2005

	<i>Q<sub>min</sub></i>	<i>Q<sub>mittel</sub></i>	<i>Q<sub>max</sub></i>
Mittelwert	50.40	79.17	149.67 m <sup>3</sup> /s
Relativer Fehler	1.27	2.16	5.09 m <sup>3</sup> /s
Median	43.61	64.15	118.28 m <sup>3</sup> /s
Modus	70.10	34.35	161.00 m <sup>3</sup> /s
Standardabweichung	29.58	50.15	118.21 m <sup>3</sup> /s
Stichprobenvarianz	875.22	2514.78	13973.55 m <sup>3</sup> /s
Kurtosis	6.60	2.95	3.99
Schiefe	1.85	1.49	1.76
Bereich	260.86	321.94	815.21 m <sup>3</sup> /s
Minimum	11.15	20.90	24.79 m <sup>3</sup> /s
Maximum	272.00	342.83	840.00 m <sup>3</sup> /s
Summe	27218.07	42750.89	80820.33 m <sup>3</sup> /s
Zählen	540.00	540.00	540.00
Konfidenzbereich (95,0 %)	2.50	4.24	9.99
Monatliches Minimum Q95%	18.50	m <sup>3</sup> /s	
Monatliches Mittel Q95%	27.66	m <sup>3</sup> /s	
Monatliches Maximum Q95%	37.30	m <sup>3</sup> /s	

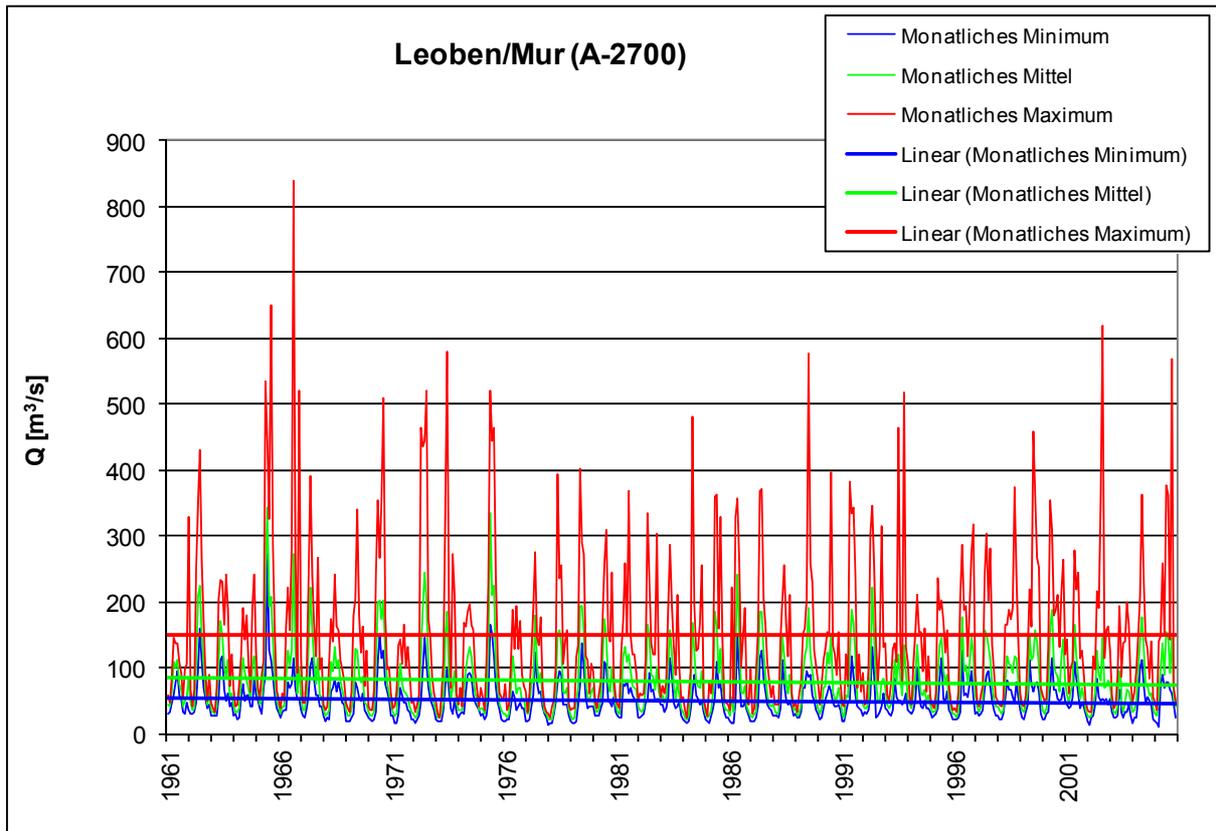


Bild 3.1.1.7: Monatsdurchflüsse am Pegel A 2700 Leoben(Mur)

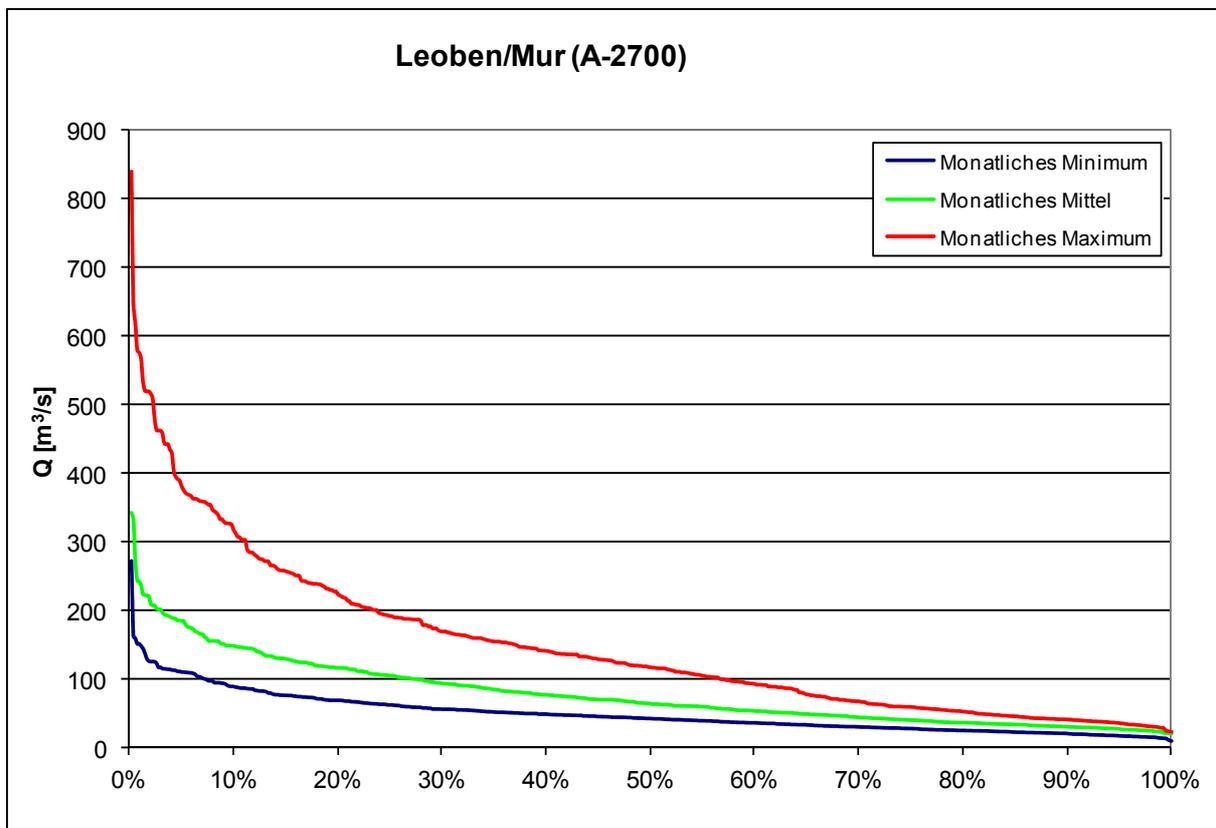


Bild 3.1.1.8: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 2700 Leoben(Mur)

**A 3100 Bruck/Mur**

Tabelle 3.1.1.5: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 3100 Bruck (Mur)

Daten für den Zeitraum: 1967 - 2005

	<i>Q<sub>min</sub></i>	<i>Q<sub>mittel</sub></i>	<i>Q<sub>max</sub></i>
Mittelwert	64.45	107.63	209.72 m <sup>3</sup> /s
Relativer Fehler	1.63	2.85	6.90 m <sup>3</sup> /s
Median	54.37	89.63	168.66 m <sup>3</sup> /s
Modus	63.10	#N/V	240.00 m <sup>3</sup> /s
Standardabweichung	35.14	61.58	149.17 m <sup>3</sup> /s
Stichprobenvarianz	1234.68	3791.89	22251.60 m <sup>3</sup> /s
Kurtosis	1.84	1.77	2.50
Schiefe	1.38	1.29	1.57
Bereich	194.26	380.22	761.72 m <sup>3</sup> /s
Minimum	18.74	32.36	38.26 m <sup>3</sup> /s
Maximum	213.00	412.58	799.97 m <sup>3</sup> /s
Summe	30099.20	50372.68	97941.03 m <sup>3</sup> /s
Zählen	467.00	468.00	467.00
Konfidenzbereich (95,0 %)	3.20	5.59	13.56
Monatliches Minimum Q95%	25.90	m <sup>3</sup> /s	
Monatliches Mittel Q95%	42.02	m <sup>3</sup> /s	
Monatliches Maximum Q95%	61.67	m <sup>3</sup> /s	

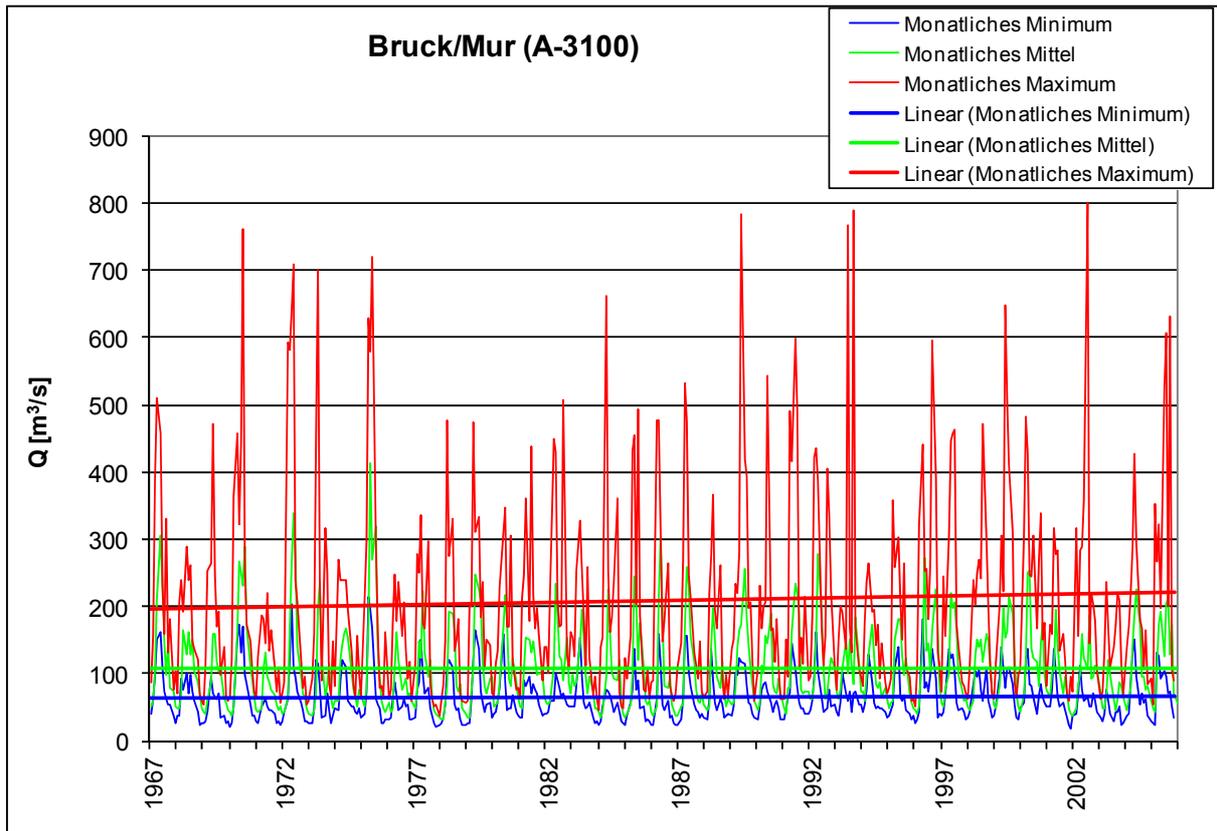


Bild 3.1.1.9: Monatsdurchflüsse am Pegel A 3100 Bruck (Mur)

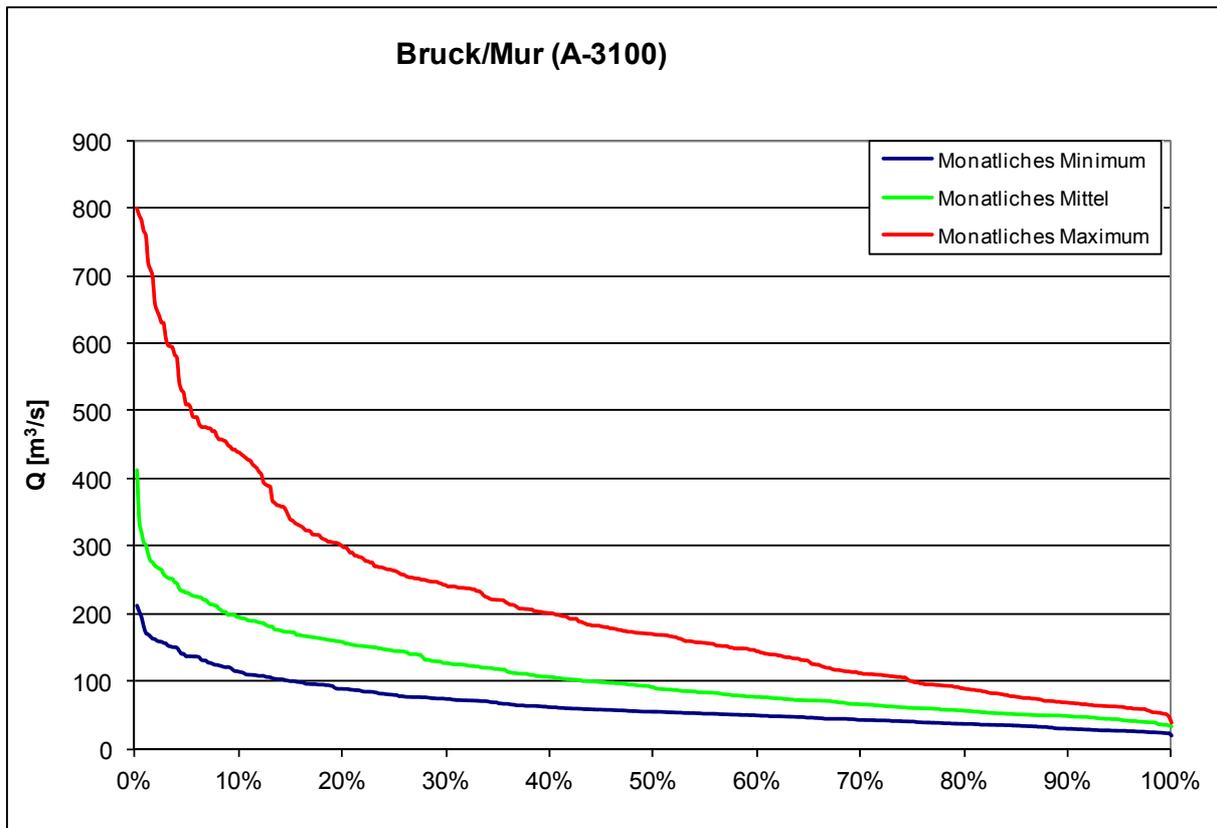


Bild 3.1.1.10: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 3100 Bruck(Mur)

**A 3397 Graz/Mur**

Tabelle 3.1.1.6: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 3397 Graz (Mur).

Daten für den Zeitraum: 1966 - 2005

	<i>Q<sub>min</sub></i>	<i>Q<sub>mittel</sub></i>	<i>Q<sub>max</sub></i>	
Mittelwert	62.59	106.93	205.38	m <sup>3</sup> /s
Relativer Fehler	1.80	2.98	7.06	m <sup>3</sup> /s
Median	51.29	88.37	159.31	m <sup>3</sup> /s
Modus	37.05	#N/V	79.20	m <sup>3</sup> /s
Standardabweichung	39.32	65.22	154.59	m <sup>3</sup> /s
Stichprobenvarianz	1545.80	4253.81	23897.00	m <sup>3</sup> /s
Kurtosis	1.62	1.66	5.22	
Schiefe	1.30	1.27	1.95	
Bereich	238.40	371.73	1138.49	m <sup>3</sup> /s
Minimum	1.60	24.43	31.51	m <sup>3</sup> /s
Maximum	240.00	396.16	1170.00	m <sup>3</sup> /s
Summe	29978.41	51326.33	98379.09	m <sup>3</sup> /s
Zählen	479.00	480.00	479.00	
Konfidenzbereich (95,0 %)	3.53	5.85	13.88	
Monatliches Minimum Q95%	20.40			m <sup>3</sup> /s
Monatliches Mittel Q95%	35.83			m <sup>3</sup> /s
Monatliches Maximum Q95%	56.40			m <sup>3</sup> /s

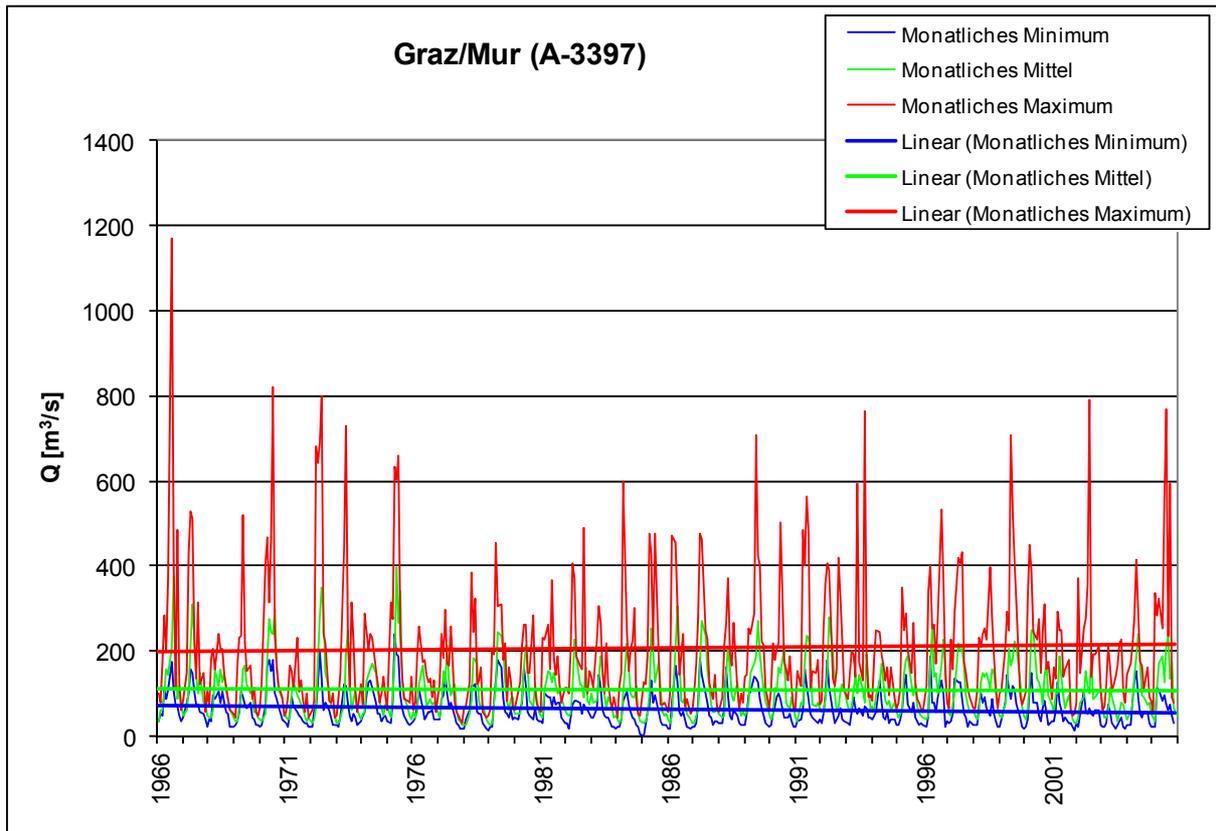


Bild 3.1.1.11: Monatsdurchflüsse am Pegel A 3397 Graz (Mur)

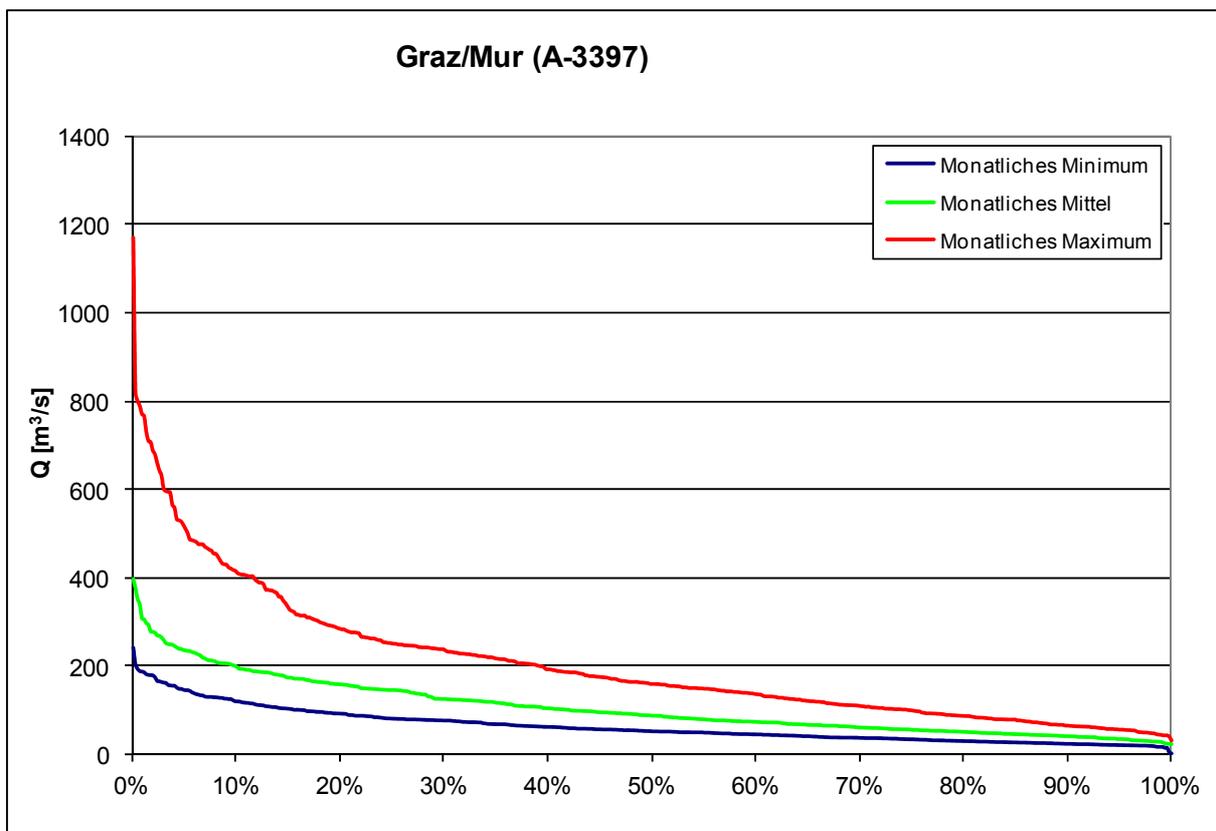


Bild 3.1.1.12: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 3397 Graz (Mur).

**A 3870 Spielfeld/Mur**

Tabelle 3.1.1.7: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 3870 Spielfeld (Mur).

Daten für den Zeitraum: 1968 - 2005

	<i>Q<sub>min</sub></i>	<i>Q<sub>mittel</sub></i>	<i>Q<sub>max</sub></i>
Mittelwert	78.72	142.76	329.15 m <sup>3</sup> /s
Relativer Fehler	1.82	3.39	11.09 m <sup>3</sup> /s
Median	69.85	123.81	266.30 m <sup>3</sup> /s
Modus	78.80	#N/V	85.10 m <sup>3</sup> /s
Standardabweichung	38.87	72.33	236.55 m <sup>3</sup> /s
Stichprobenvarianz	1510.74	5231.48	55956.11 m <sup>3</sup> /s
Kurtosis	1.72	1.52	3.29
Schiefe	1.24	1.25	1.76
Bereich	225.31	379.76	1225.33 m <sup>3</sup> /s
Minimum	5.69	47.56	54.67 m <sup>3</sup> /s
Maximum	231.00	427.32	1280.00 m <sup>3</sup> /s
Summe	35817.68	65099.38	149762.20 m <sup>3</sup> /s
Zählen	455.00	456.00	455.00
Konfidenzbereich (95,0 %)	3.58	6.66	21.79
Monatliches Minimum Q95%	33.50		m <sup>3</sup> /s
Monatliches Mittel Q95%	62.29		m <sup>3</sup> /s
Monatliches Maximum Q95%	101.10		m <sup>3</sup> /s

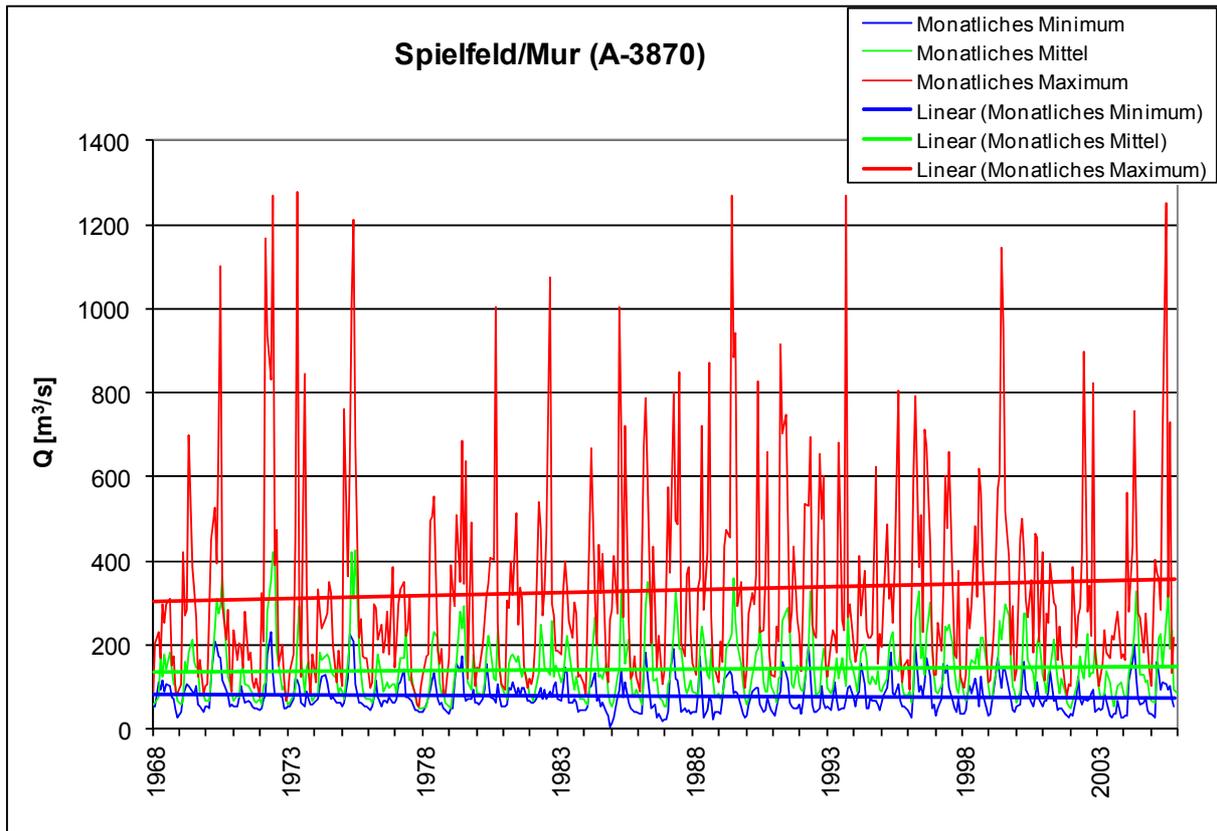


Bild 3.1.1.13: Monatsdurchflüsse am Pegel A 3870 Spielfeld (Mur)

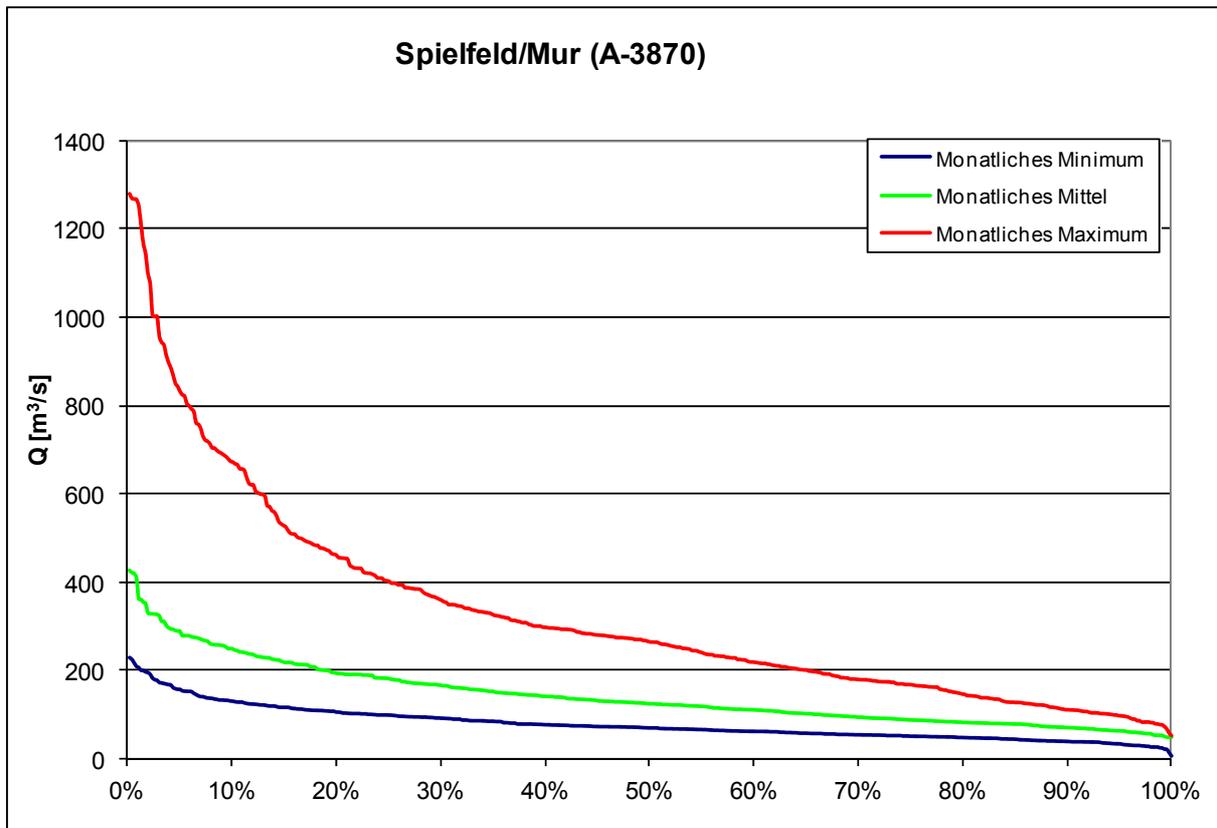


Bild 3.1.1.14: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 3870 Spielfeld (Mur)

**A 3902 Mureck/Mur**

Tabelle 3.1.1.8: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 3902 Mureck (Mur).

Daten für den Zeitraum: 1974 - 2005

	<i>Q<sub>min</sub></i>	<i>Q<sub>mittel</sub></i>	<i>Q<sub>max</sub></i>	
Mittelwert	87.48	147.31	322.76	m <sup>3</sup> /s
Relativer Fehler	1.98	3.56	10.78	m <sup>3</sup> /s
Median	77.48	128.90	263.65	m <sup>3</sup> /s
Modus	65.46	#N/V	129.61	m <sup>3</sup> /s
Standardabweichung	38.84	69.80	211.05	m <sup>3</sup> /s
Stichprobenvarianz	1508.73	4871.48	44542.11	m <sup>3</sup> /s
Kurtosis	1.60	1.12	2.88	
Schiefe	1.20	1.11	1.60	
Bereich	239.75	387.23	1186.93	m <sup>3</sup> /s
Minimum	4.25	47.83	64.49	m <sup>3</sup> /s
Maximum	244.00	435.06	1251.43	m <sup>3</sup> /s
Summe	33506.29	56566.56	123618.30	m <sup>3</sup> /s
Zählen	383.00	384.00	383.00	
Konfidenzbereich (95,0 %)	3.90	7.00	21.20	
Monatliches Minimum Q95%	45.10			m <sup>3</sup> /s
Monatliches Mittel Q95%	64.18			m <sup>3</sup> /s
Monatliches Maximum Q95%	100.61			m <sup>3</sup> /s

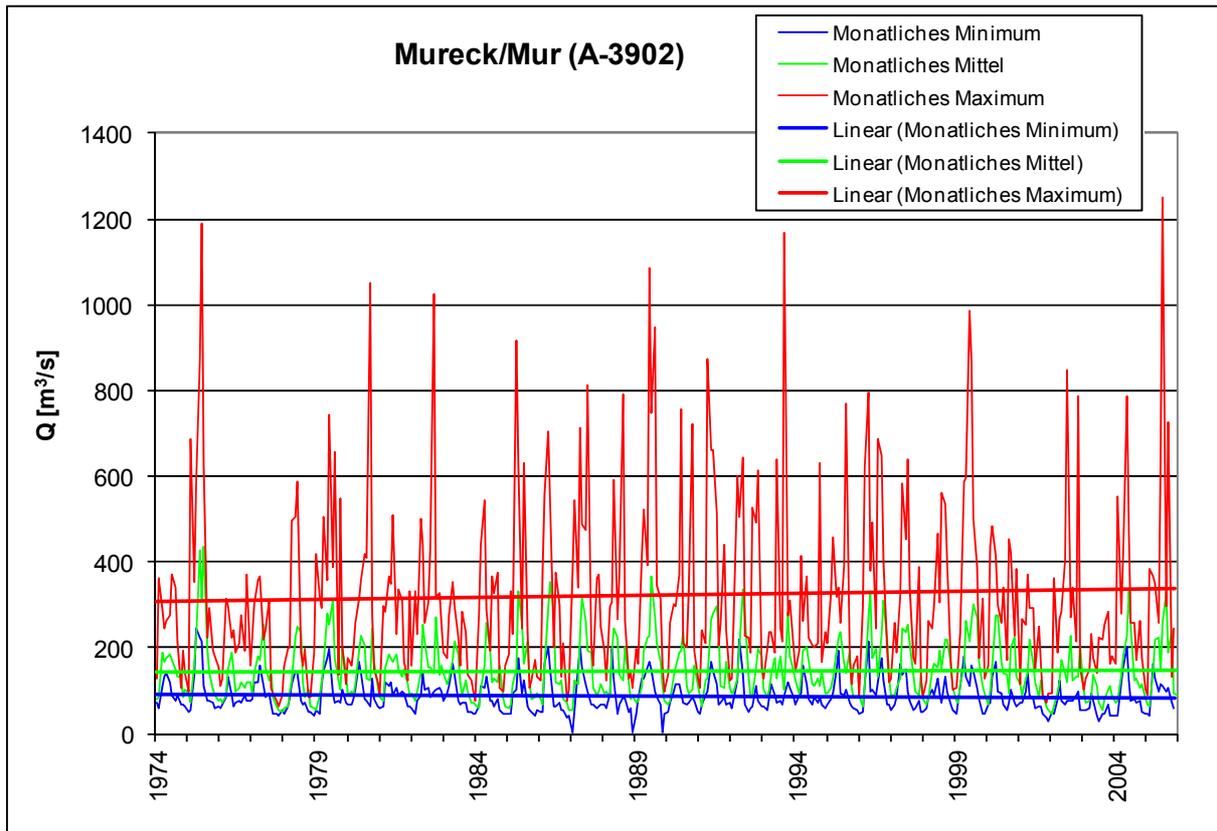


Bild 3.1.1.15: Monatsdurchflüsse am Pegel A 3902 Mureck (Mur)

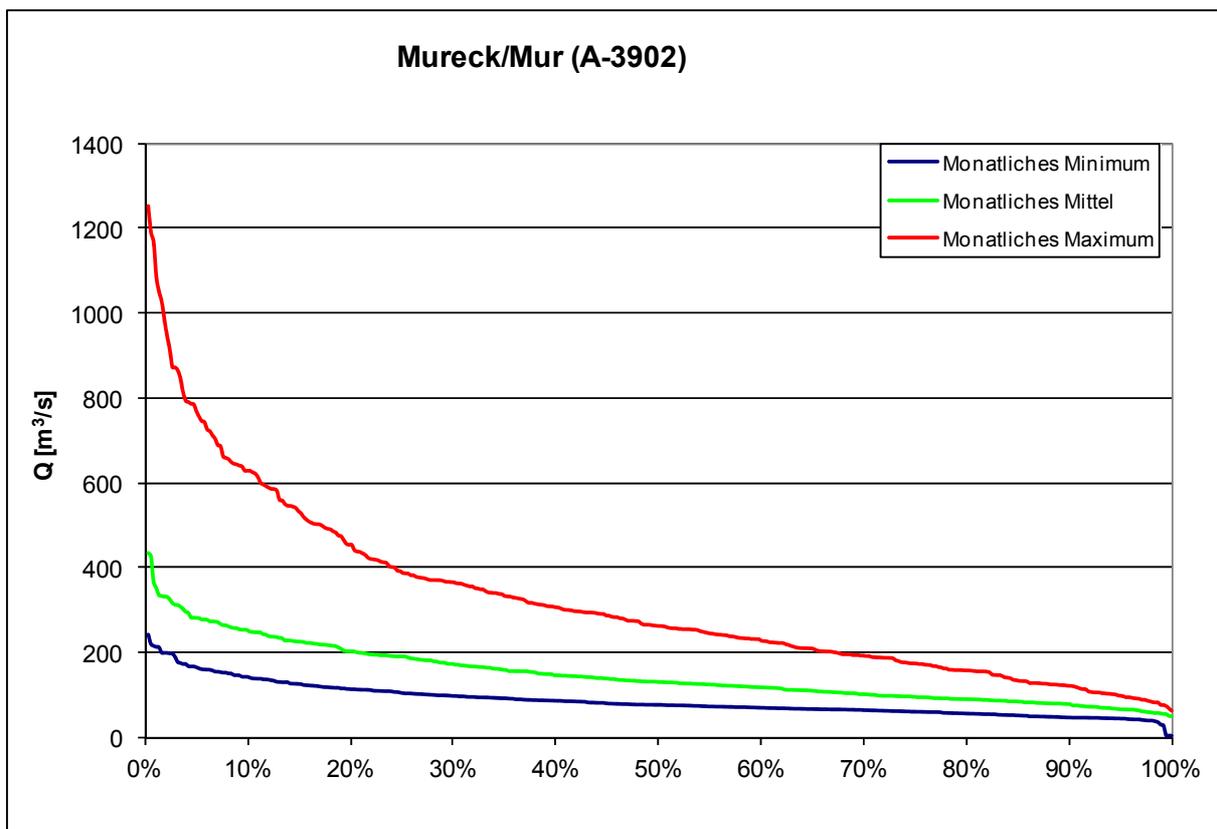


Bild 3.1.1.16: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 3902 Mureck (Mur)

**A 2940 Neuberg/Mürz**

Tabelle 3.1.1.9: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 2940 Neuberg (Mürz)

Daten für den Zeitraum: 1961 - 2005

	<i>Q<sub>min</sub></i>	<i>Q<sub>mittel</sub></i>	<i>Q<sub>max</sub></i>
Mittelwert	3.05	6.88	27.80 m <sup>3</sup> /s
Relativer Fehler	0.08	0.20	1.15 m <sup>3</sup> /s
Median	2.55	5.37	19.47 m <sup>3</sup> /s
Modus	1.37	3.09	2.62 m <sup>3</sup> /s
Standardabweichung	1.76	4.69	26.69 m <sup>3</sup> /s
Stichprobenvarianz	3.09	22.00	712.21 m <sup>3</sup> /s
Kurtosis	4.69	2.63	8.64
Schiefe	1.88	1.57	2.38
Bereich	12.67	27.52	201.13 m <sup>3</sup> /s
Minimum	0.37	1.84	2.22 m <sup>3</sup> /s
Maximum	13.04	29.36	203.35 m <sup>3</sup> /s
Summe	1645.07	3714.58	14985.90 m <sup>3</sup> /s
Zählen	539.00	540.00	539.00
Konfidenzbereich (95,0 %)	0.15	0.40	2.26
Monatliches Minimum Q95%	1.30		m <sup>3</sup> /s
Monatliches Mittel Q95%	2.32		m <sup>3</sup> /s
Monatliches Maximum Q95%	3.71		m <sup>3</sup> /s

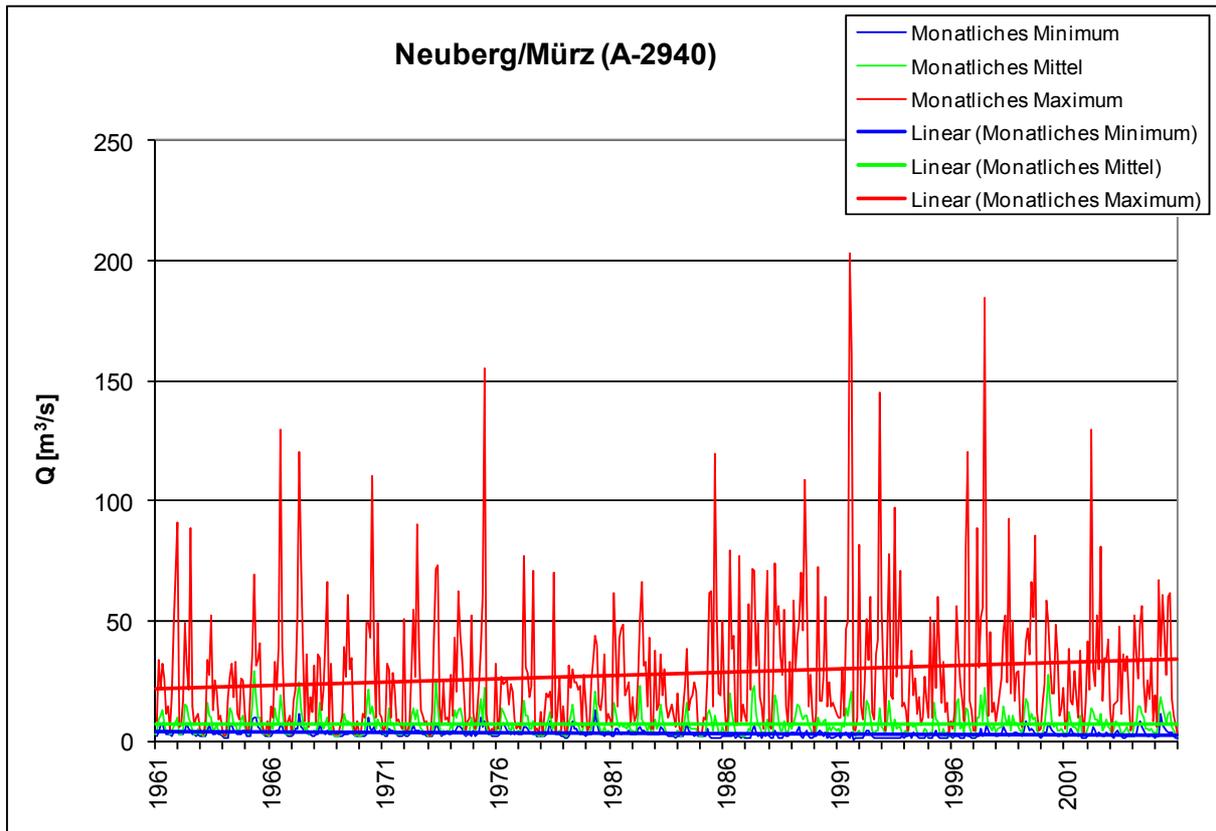


Bild 3.1.1.17: Monatsdurchflüsse am Pegel A 2940 Neuberg (Mürz)

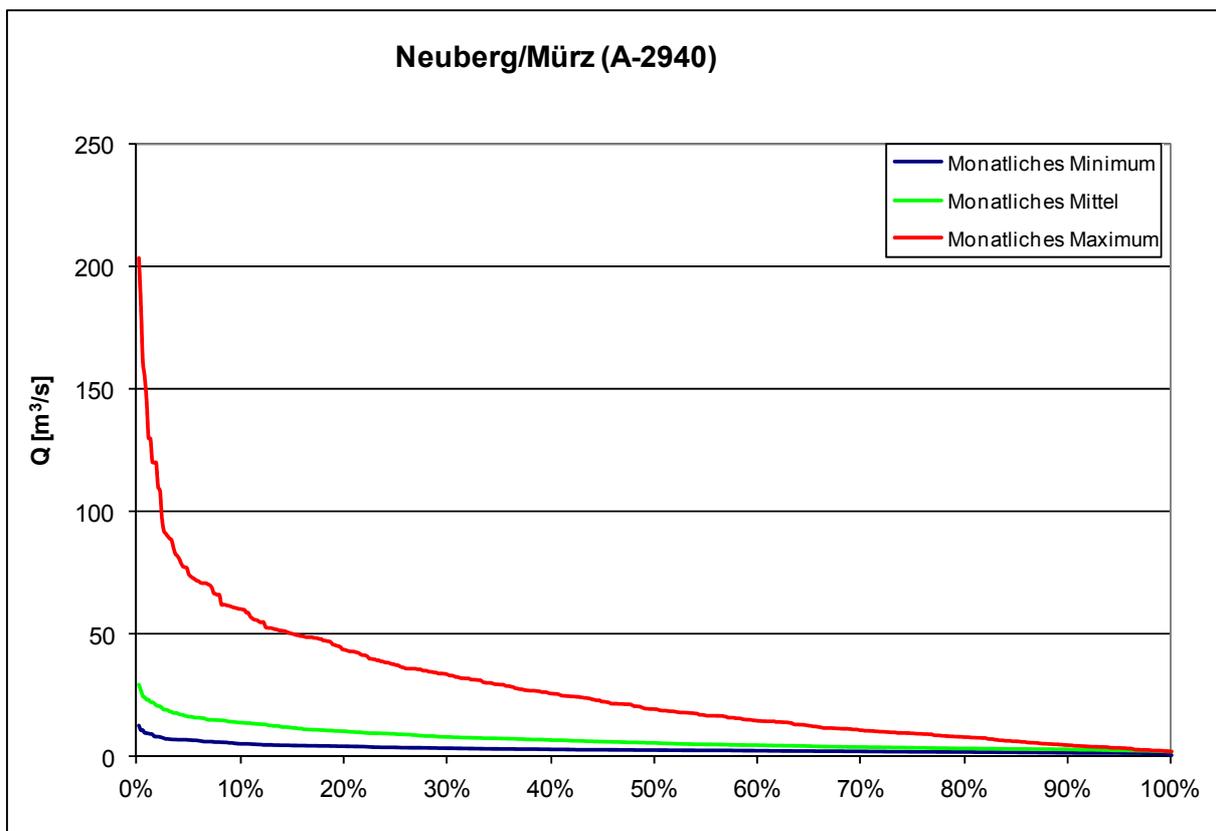


Bild 3.1.1.18: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel 2940 Neuberg (Mürz)

**A 3001 Kindthal/Mürz**

Tabelle 3.1.1.10: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 3001 Kindthal (Mürz)

Daten für den Zeitraum: 1966 - 2005

	<i>Q<sub>min</sub></i>	<i>Q<sub>mittel</sub></i>	<i>Q<sub>max</sub></i>
Mittelwert	5.91	13.74	39.62 m <sup>3</sup> /s
Relativer Fehler	0.16	0.36	1.41 m <sup>3</sup> /s
Median	5.03	11.45	31.56 m <sup>3</sup> /s
Modus	3.65	#N/V	9.34 m <sup>3</sup> /s
Standardabweichung	3.54	7.90	30.82 m <sup>3</sup> /s
Stichprobenvarianz	12.55	62.47	950.00 m <sup>3</sup> /s
Kurtosis	5.11	2.08	5.88
Schiefe	1.81	1.44	2.09
Bereich	25.21	43.58	199.71 m <sup>3</sup> /s
Minimum	0.89	3.71	7.29 m <sup>3</sup> /s
Maximum	26.09	47.30	207.00 m <sup>3</sup> /s
Summe	2829.84	6596.11	18976.63 m <sup>3</sup> /s
Zählen	479.00	480.00	479.00
Konfidenzbereich (95,0 %)	0.32	0.71	2.77
Monatliches Minimum Q95%	2.10	m <sup>3</sup> /s	
Monatliches Mittel Q95%	5.73	m <sup>3</sup> /s	
Monatliches Maximum Q95%	10.44	m <sup>3</sup> /s	

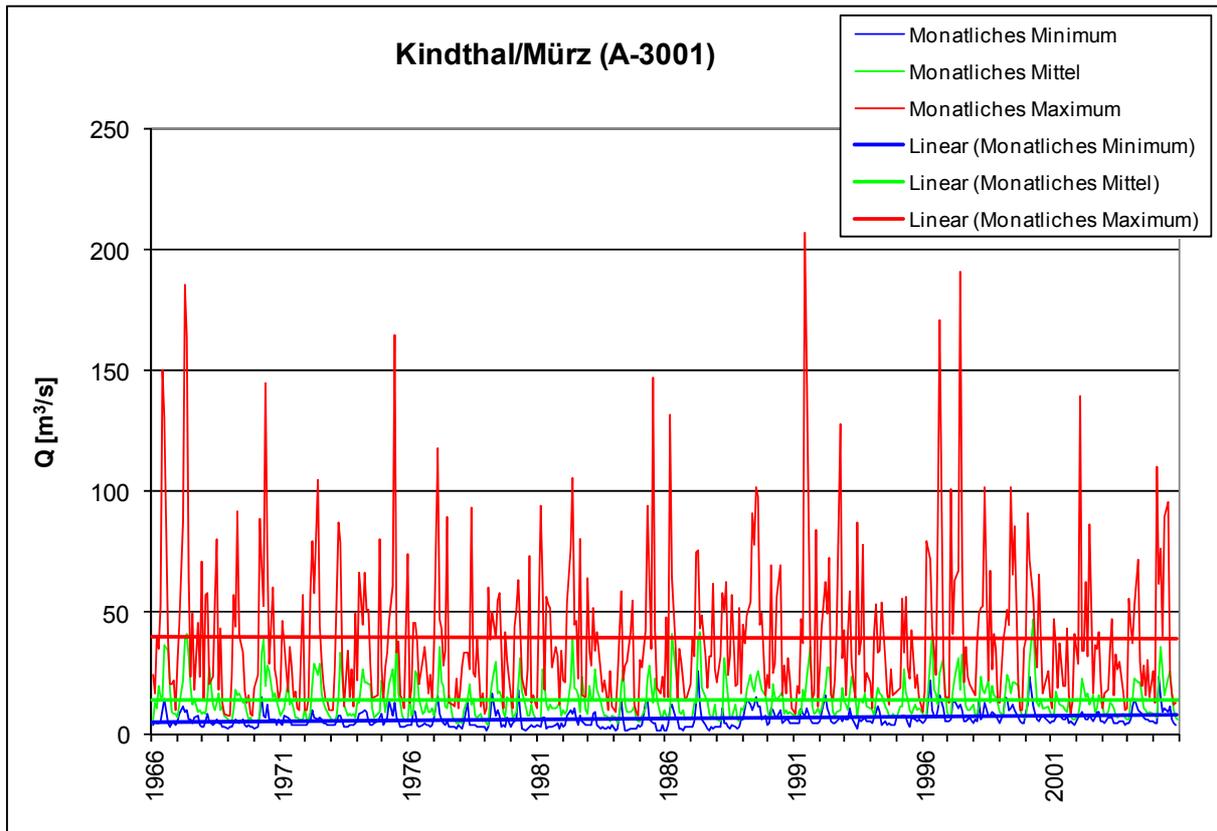


Bild 3.1.1.19: Monatsdurchflüsse am Pegel A 3001 Kindthal (Mürz)

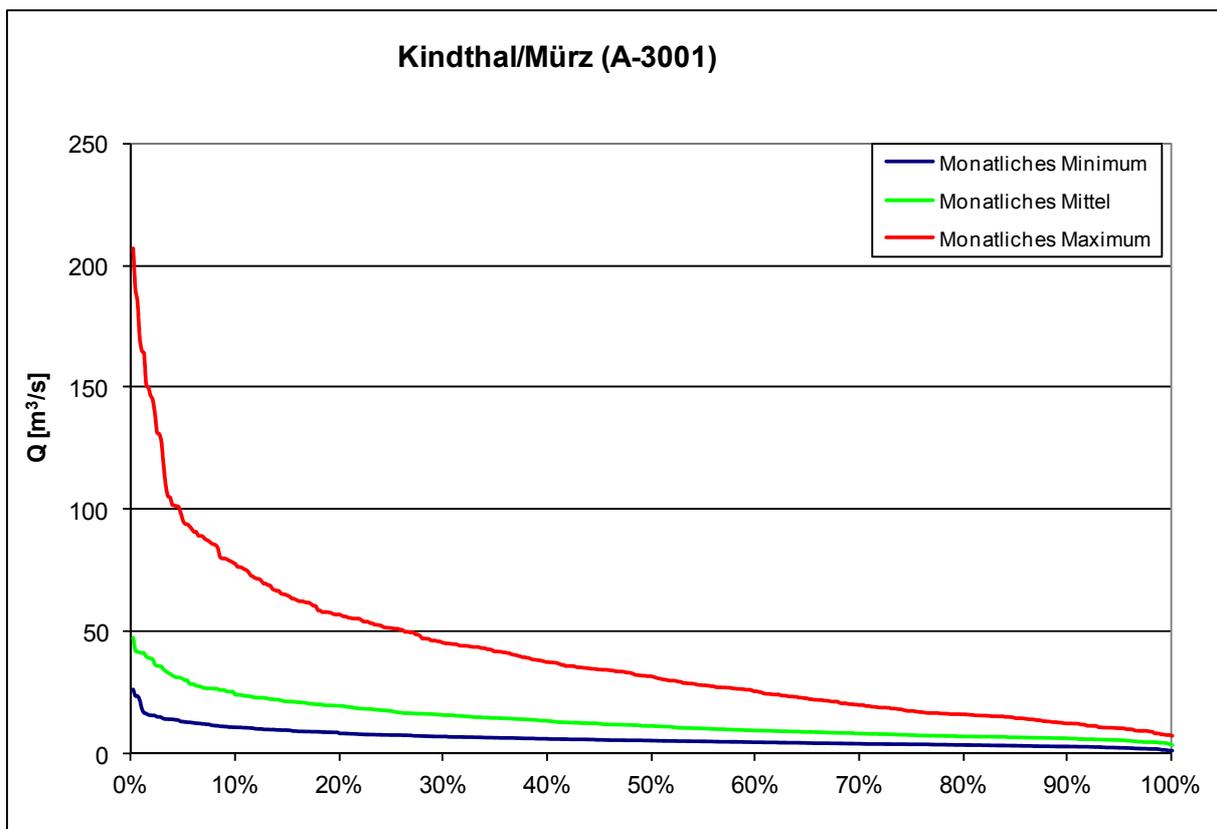


Bild 3.1.1.20: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 3001 Kindthal (Mürz)

**A 3082 Kapfenberg/Mürz**

Tabelle 3.1.1.11: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 3082 Kapfenberg (Mürz)

Daten für den Zeitraum: 1971 - 2005

	<i>Q<sub>min</sub></i>	<i>Q<sub>mittel</sub></i>	<i>Q<sub>max</sub></i>
Mittelwert	11.14	21.74	54.02 m <sup>3</sup> /s
Relativer Fehler	0.28	0.56	1.83 m <sup>3</sup> /s
Median	9.45	18.12	44.35 m <sup>3</sup> /s
Modus	6.80	10.28	34.30 m <sup>3</sup> /s
Standardabweichung	5.80	11.56	37.40 m <sup>3</sup> /s
Stichprobenvarianz	33.69	133.70	1398.86 m <sup>3</sup> /s
Kurtosis	7.47	1.91	5.69
Schiefe	2.15	1.35	2.12
Bereich	43.01	65.35	227.20 m <sup>3</sup> /s
Minimum	1.78	6.35	8.09 m <sup>3</sup> /s
Maximum	44.79	71.70	235.29 m <sup>3</sup> /s
Summe	4666.70	9128.78	22633.14 m <sup>3</sup> /s
Zählen	419.00	420.00	419.00
Konfidenzbereich (95,0 %)	0.56	1.11	3.59
Monatliches Minimum Q95%	5.50	5.50	m <sup>3</sup> /s
Monatliches Mittel Q95%	9.50	9.50	m <sup>3</sup> /s
Monatliches Maximum Q95%	17.62	17.62	m <sup>3</sup> /s

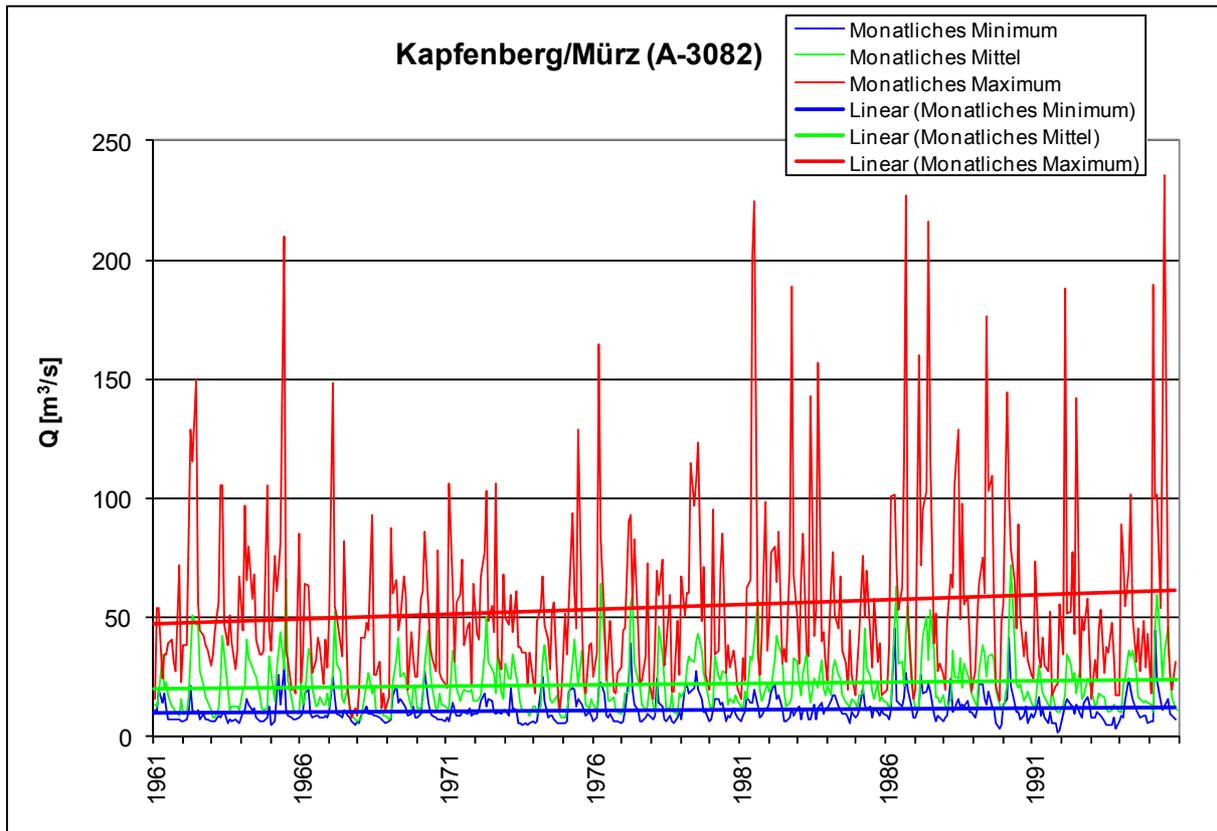


Bild 3.1.1.21: Monatsdurchflüsse am Pegel A 3082 Kapfenberg (Mürz)

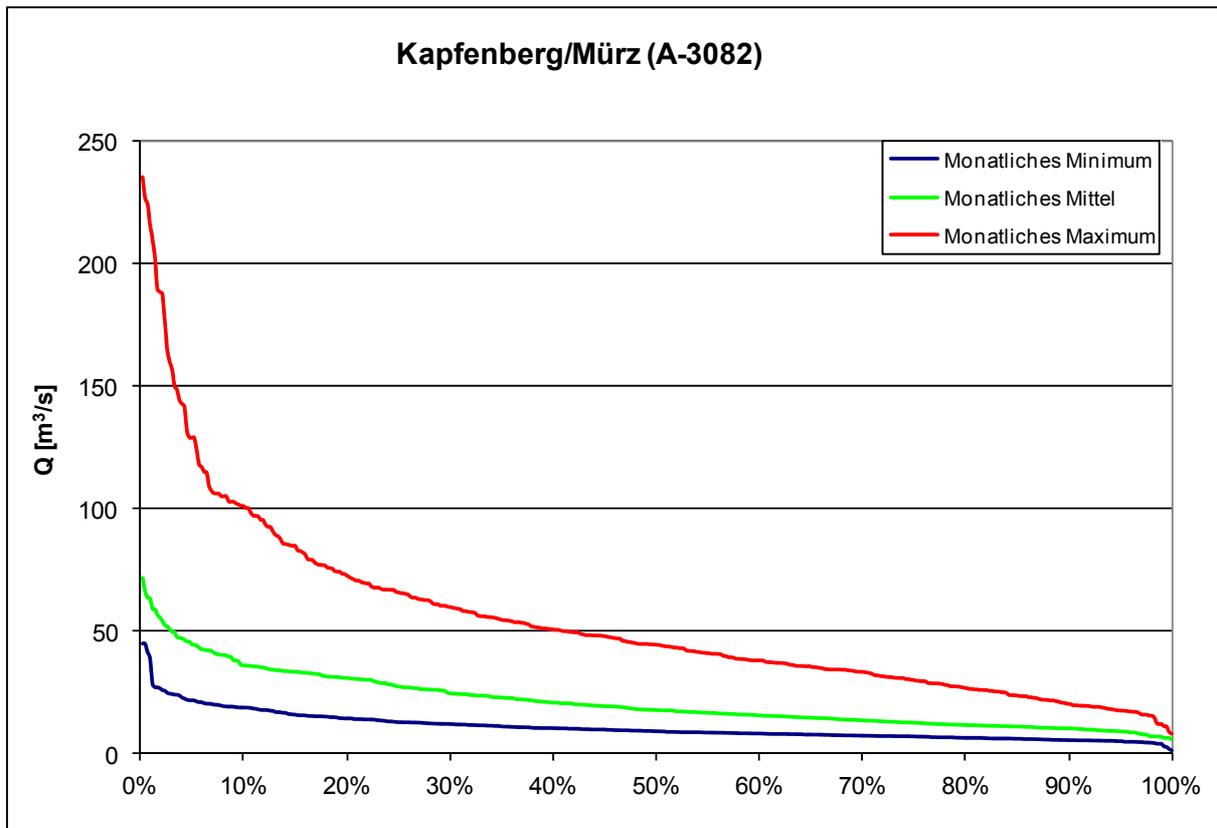


Bild 3.1.1.22: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 3082 Kapfenberg (Mürz)

**A 3670 Voitsberg/Kainach**

Tabelle 3.1.1.12: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 3670 Voitsberg (Kainach)

Daten für den Zeitraum: 1966 - 2005

	<i>Q<sub>min</sub></i>	<i>Q<sub>mittel</sub></i>	<i>Q<sub>max</sub></i>
Mittelwert	1.16	2.61	11.74 m <sup>3</sup> /s
Relativer Fehler	0.03	0.10	0.79 m <sup>3</sup> /s
Median	1.00	2.04	5.90 m <sup>3</sup> /s
Modus	0.92	1.44	2.47 m <sup>3</sup> /s
Standardabweichung	0.65	2.01	16.66 m <sup>3</sup> /s
Stichprobenvarianz	0.43	4.02	277.70 m <sup>3</sup> /s
Kurtosis	11.86	7.23	15.46
Schiefe	2.31	2.39	3.52
Bereich	6.40	13.23	136.91 m <sup>3</sup> /s
Minimum	0.21	0.47	0.72 m <sup>3</sup> /s
Maximum	6.61	13.70	137.63 m <sup>3</sup> /s
Summe	512.68	1156.55	5201.44 m <sup>3</sup> /s
Zählen	443.00	443.00	443.00
Konfidenzbereich (95,0 %)	0.06	0.19	1.56
Monatliches Minimum Q95%	0.40		m <sup>3</sup> /s
Monatliches Mittel Q95%	0.88		m <sup>3</sup> /s
Monatliches Maximum Q95%	1.75		m <sup>3</sup> /s

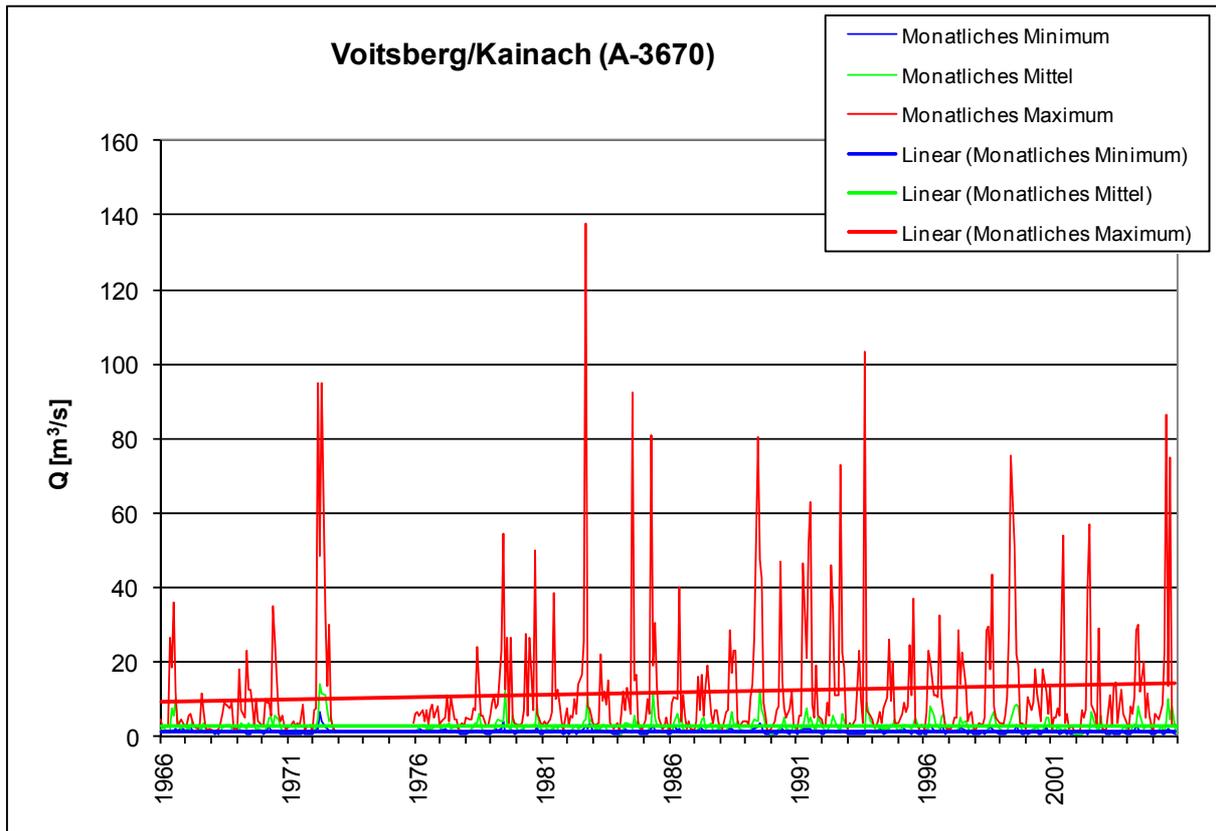


Bild 3.1.1.23: Monatsdurchflüsse am Pegel A 3670 Voitsberg (Kainach)

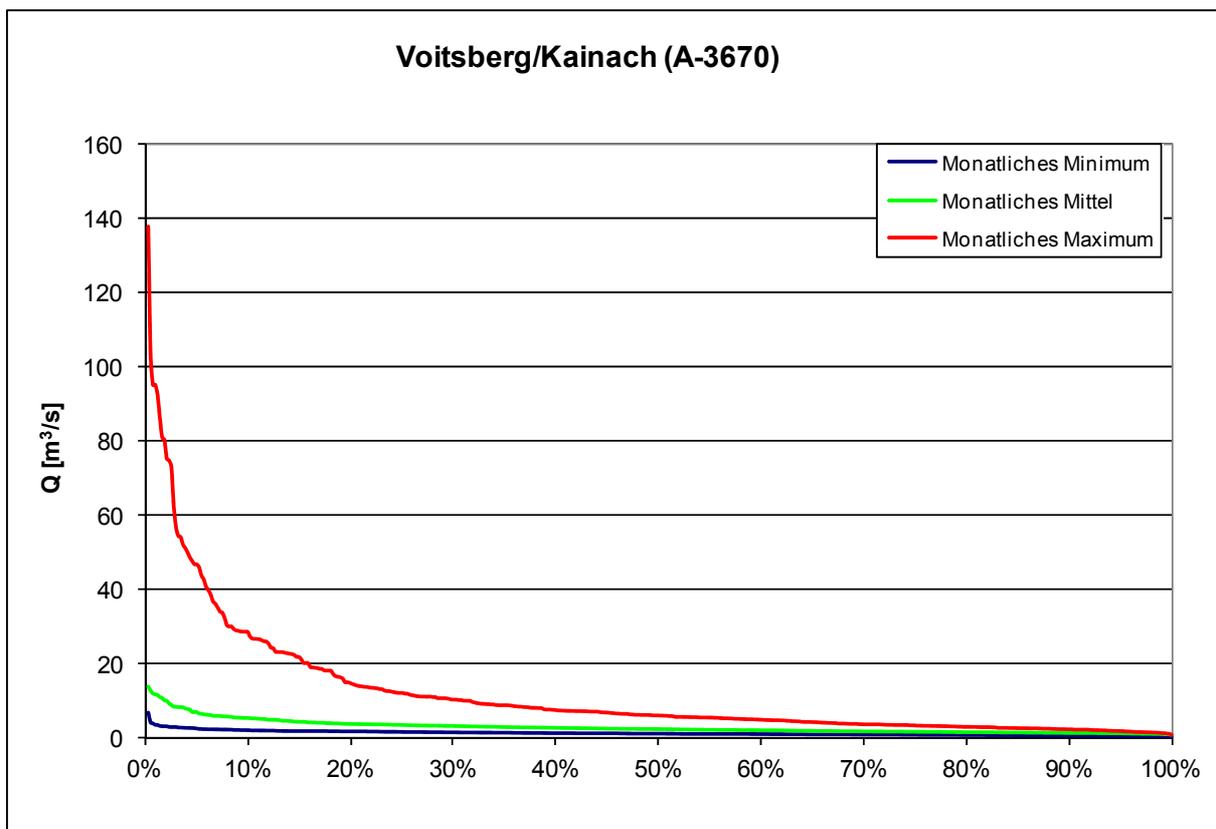


Bild 3.1.1.24: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 3670 Voitsberg (Kainach)

**A 3701 Lieboch/Kainach**

Tabelle 3.1.1.13: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 3701 Lieboch (Kainach)

Daten für den Zeitraum: 1961 - 2005

	<i>Q<sub>min</sub></i>	<i>Q<sub>mittel</sub></i>	<i>Q<sub>max</sub></i>
Mittelwert	2.45	9.48	45.60 m <sup>3</sup> /s
Relativer Fehler	0.07	0.28	2.09 m <sup>3</sup> /s
Median	2.00	7.70	25.81 m <sup>3</sup> /s
Modus	1.75	#N/V	18.00 m <sup>3</sup> /s
Standardabweichung	1.52	6.40	48.66 m <sup>3</sup> /s
Stichprobenvarianz	2.32	40.99	2367.93 m <sup>3</sup> /s
Kurtosis	6.47	6.91	8.83
Schiefe	2.17	2.29	2.84
Bereich	11.37	42.72	313.33 m <sup>3</sup> /s
Minimum	0.36	1.62	6.68 m <sup>3</sup> /s
Maximum	11.72	44.34	320.01 m <sup>3</sup> /s
Summe	1321.45	5116.79	24625.60 m <sup>3</sup> /s
Zählen	540.00	540.00	540.00
Konfidenzbereich (95,0 %)	0.13	0.54	4.11
Monatliches Minimum Q95%	1.00		m <sup>3</sup> /s
Monatliches Mittel Q95%	3.39		m <sup>3</sup> /s
Monatliches Maximum Q95%	14.74		m <sup>3</sup> /s

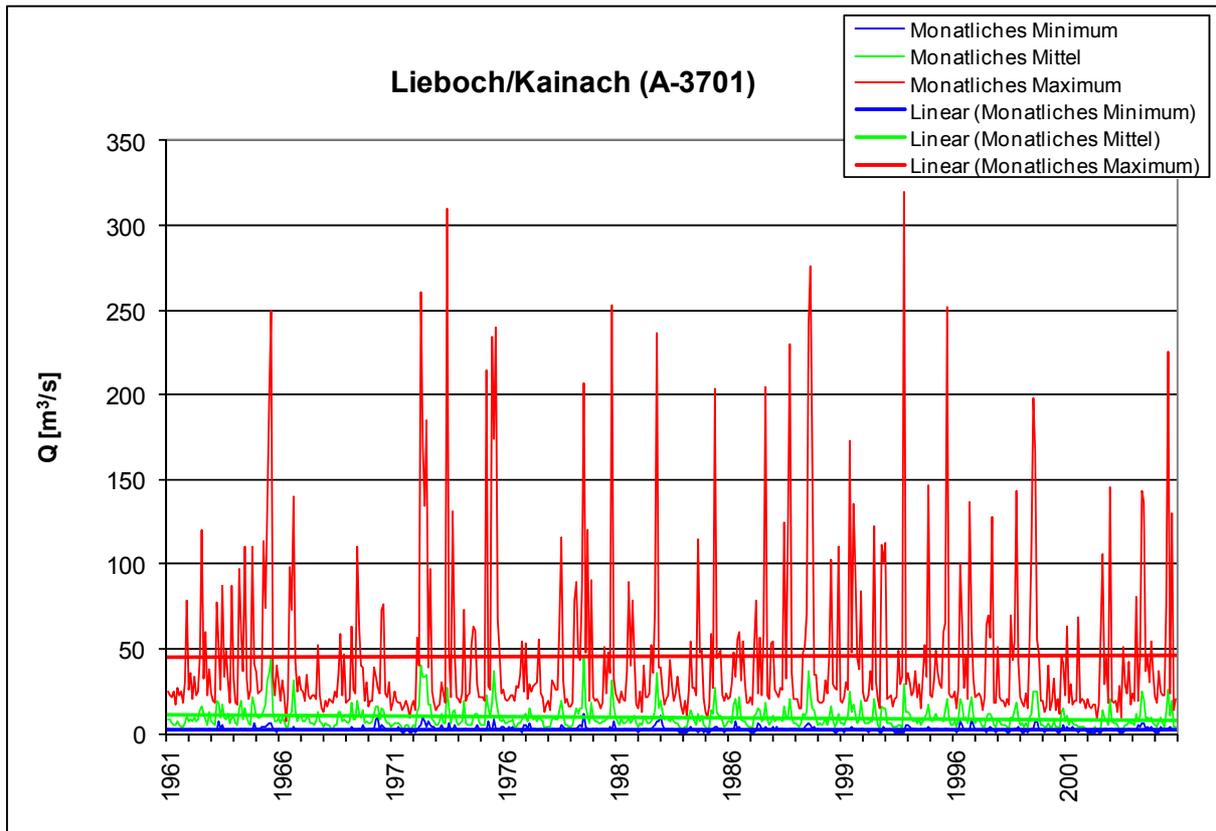


Bild 3.1.1.25: Monatsdurchflüsse am Pegel A 3701 Lieboch (Kainach)

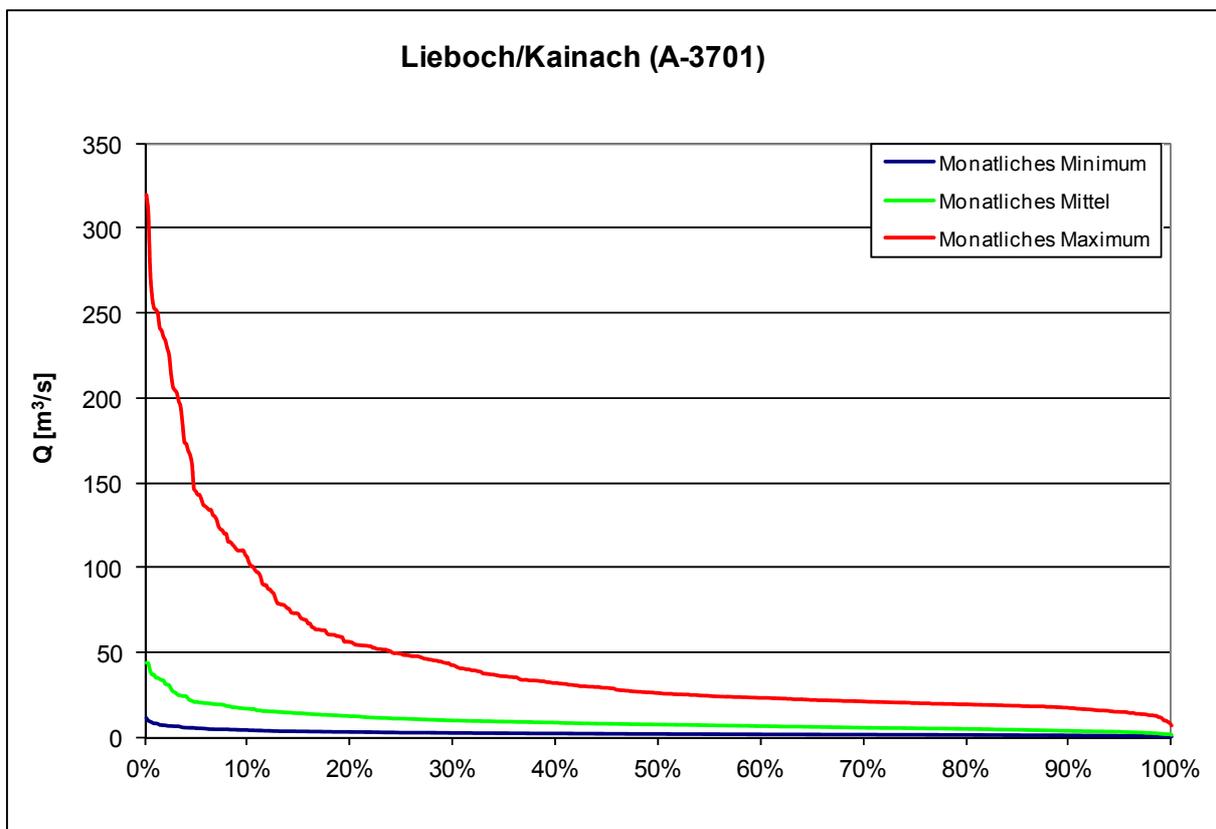


Bild 3.1.1.26: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 3701 Lieboch (Kainach).

**A 3791 Gleinstätten/Sulm**

Tabelle 3.1.1.14: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 3791 Gleinstätten (Sulm)

Daten für den Zeitraum: 1993 - 2005

	<i>Q<sub>min</sub></i>	<i>Q<sub>mittel</sub></i>	<i>Q<sub>max</sub></i>
Mittelwert	1.56	4.27	22.90 m <sup>3</sup> /s
Relativer Fehler	0.09	0.21	2.14 m <sup>3</sup> /s
Median	1.34	3.44	12.32 m <sup>3</sup> /s
Modus	1.14	2.92	4.15 m <sup>3</sup> /s
Standardabweichung	1.12	2.63	26.68 m <sup>3</sup> /s
Stichprobenvarianz	1.25	6.91	711.88 m <sup>3</sup> /s
Kurtosis	4.15	3.11	5.73
Schiefe	1.59	1.71	2.33
Bereich	6.59	13.06	143.20 m <sup>3</sup> /s
Minimum	0.13	1.07	2.53 m <sup>3</sup> /s
Maximum	6.72	14.13	145.74 m <sup>3</sup> /s
Summe	242.61	666.02	3572.96 m <sup>3</sup> /s
Zählen	156.00	156.00	156.00
Konfidenzbereich (95,0 %)	0.18	0.42	4.22
Monatliches Minimum Q95%	0.30	m <sup>3</sup> /s	
Monatliches Mittel Q95%	1.73	m <sup>3</sup> /s	
Monatliches Maximum Q95%	3.62	m <sup>3</sup> /s	

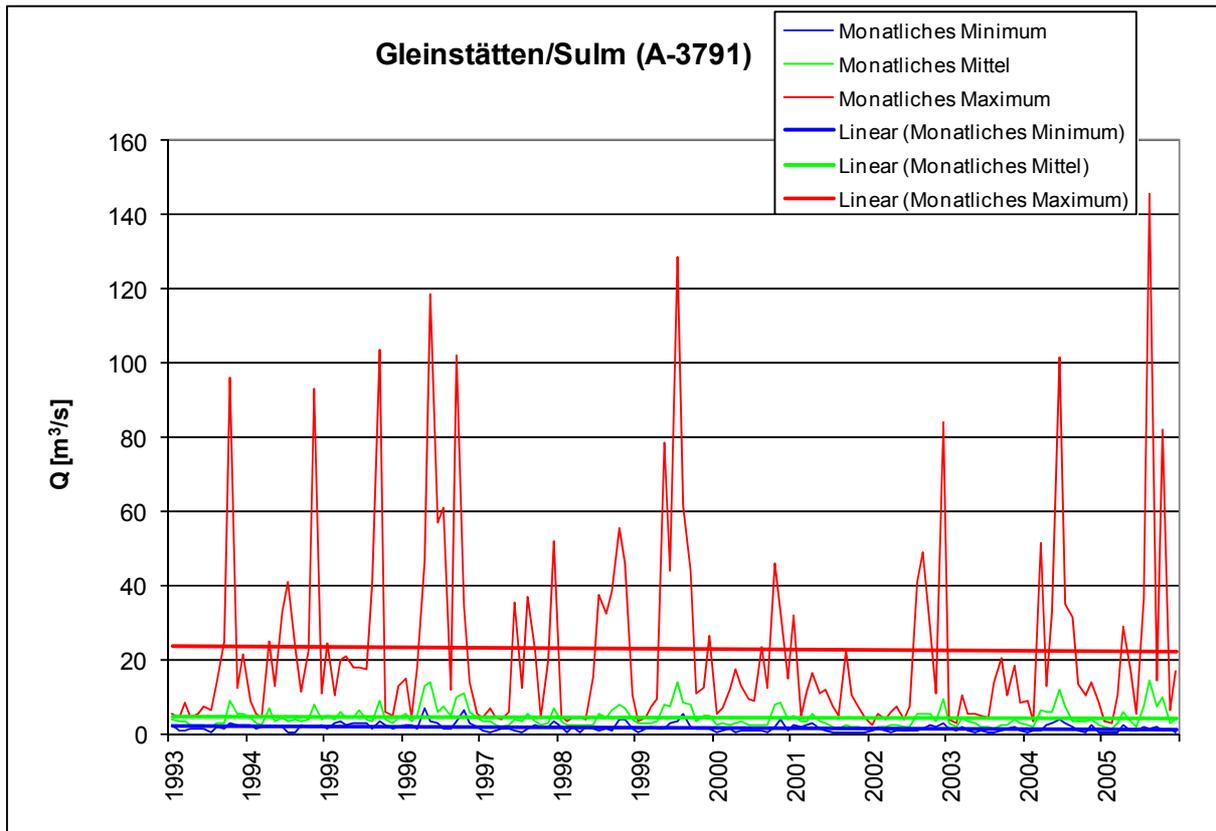


Bild 3.1.1.27: Monatsdurchflüsse am Pegel A 3791 Gleinstätten (Sulm)

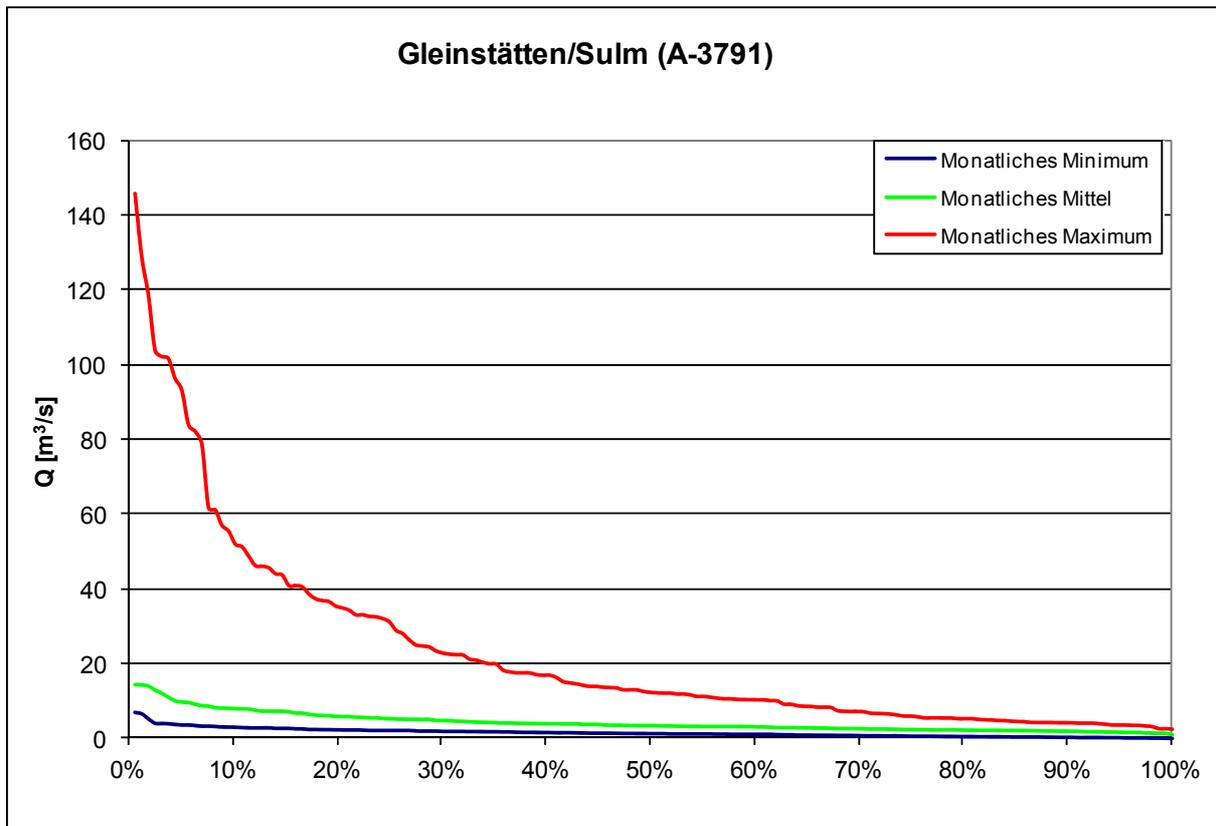


Bild 3.1.1.28: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 3791 Gleinstätten (Sulm)

**A 3856 Leibnitz/Sulm**

Tabelle 3.1.1.15: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel A 3856 Leibnitz (Sulm)

Daten für den Zeitraum: 1961 - 2005

	<i>Q<sub>min</sub></i>	<i>Q<sub>mittel</sub></i>	<i>Q<sub>max</sub></i>
Mittelwert	7.28	15.66	74.38 m <sup>3</sup> /s
Relativer Fehler	0.15	0.41	3.23 m <sup>3</sup> /s
Median	6.80	12.50	47.18 m <sup>3</sup> /s
Modus	8.23	12.50	19.54 m <sup>3</sup> /s
Standardabweichung	3.38	9.62	75.05 m <sup>3</sup> /s
Stichprobenvarianz	11.41	92.46	5632.83 m <sup>3</sup> /s
Kurtosis	2.87	2.74	2.82
Schiefe	1.30	1.54	1.74
Bereich	23.74	59.48	385.38 m <sup>3</sup> /s
Minimum	0.97	3.01	4.62 m <sup>3</sup> /s
Maximum	24.71	62.49	390.00 m <sup>3</sup> /s
Summe	3929.79	8457.23	40167.86 m <sup>3</sup> /s
Zählen	540.00	540.00	540.00
Konfidenzbereich (95,0 %)	0.29	0.81	6.34
Monatliches Minimum Q95%	3.00		m <sup>3</sup> /s
Monatliches Mittel Q95%	5.53		m <sup>3</sup> /s
Monatliches Maximum Q95%	9.99		m <sup>3</sup> /s

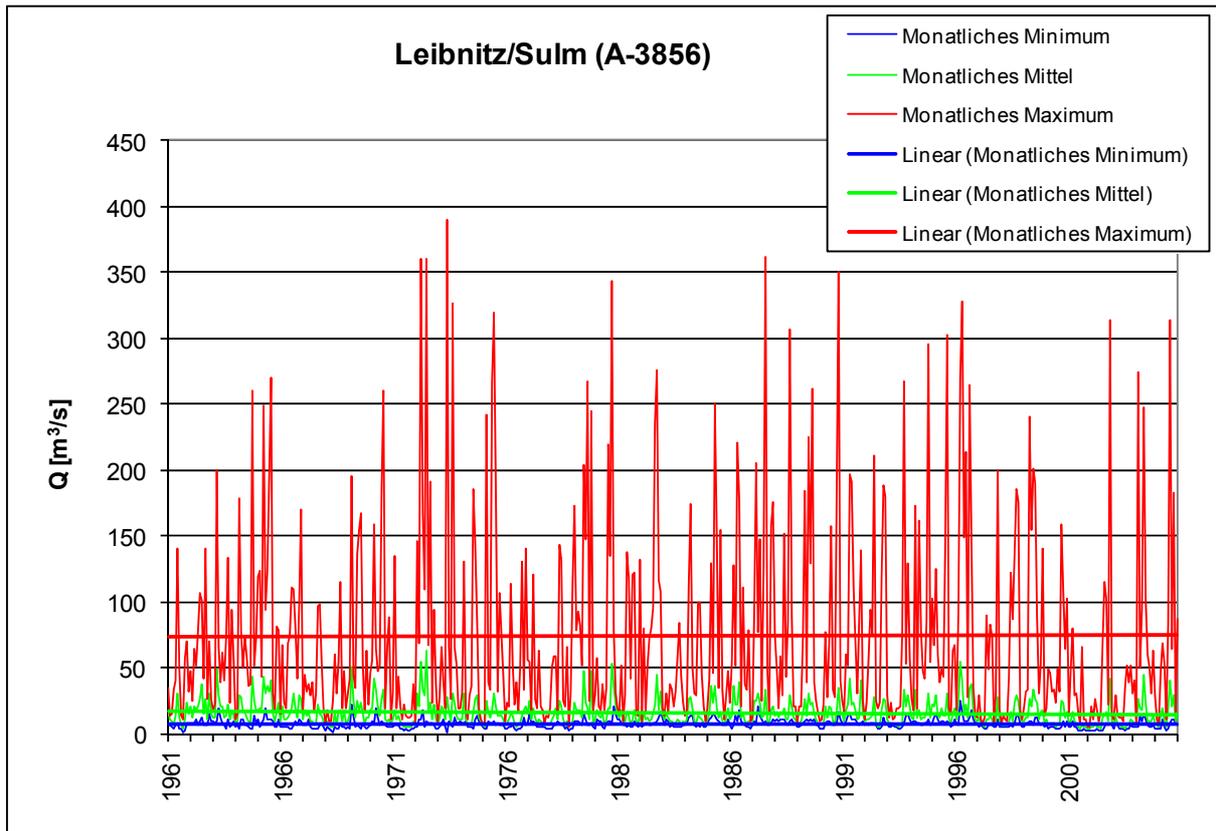


Bild 3.1.1.29: Monatsdurchflüsse am Pegel A 3856 Leibnitz (Sulm)

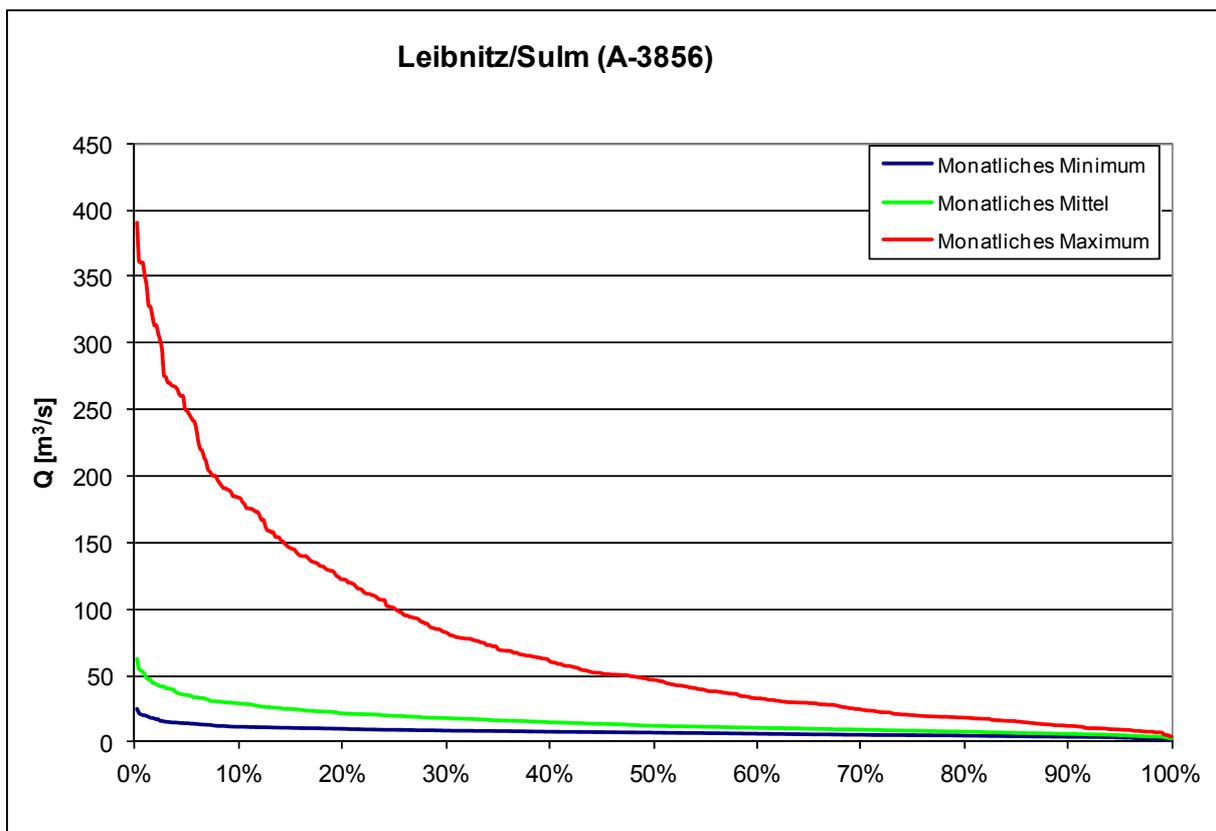


Bild 3.1.1.30: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel A 3856 Leibnitz (Sulm)

**SI 1060 Gornja Radgona/Mur**

Tabelle 3.1.1.16: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel SI 1060 Gornja Radgona (Mur)

Daten für den Zeitraum: 1961 - 2005

	<i>Q<sub>min</sub></i>	<i>Q<sub>mittel</sub></i>	<i>Q<sub>max</sub></i>
Mittelwert	100.67	155.60	322.86 m <sup>3</sup> /s
Relativer Fehler	1.86	3.27	9.52 m <sup>3</sup> /s
Median	90.85	136.00	258.50 m <sup>3</sup> /s
Modus	123.00	110.00	106.00 m <sup>3</sup> /s
Standardabweichung	43.27	76.03	221.15 m <sup>3</sup> /s
Stichprobenvarianz	1871.91	5780.21	48907.64 m <sup>3</sup> /s
Kurtosis	6.89	2.58	3.05
Schiefe	1.82	1.40	1.67
Bereich	398.40	501.90	1284.80 m <sup>3</sup> /s
Minimum	32.60	50.10	65.20 m <sup>3</sup> /s
Maximum	431.00	552.00	1350.00 m <sup>3</sup> /s
Summe	54362.10	84023.10	174344.70 m <sup>3</sup> /s
Zählen	540.00	540.00	540.00
Konfidenzbereich (95,0 %)	3.66	6.43	18.69
Monatliches Minimum Q95%	53.70	m <sup>3</sup> /s	
Monatliches Mittel Q95%	68.50	m <sup>3</sup> /s	
Monatliches Maximum Q95%	100.00	m <sup>3</sup> /s	

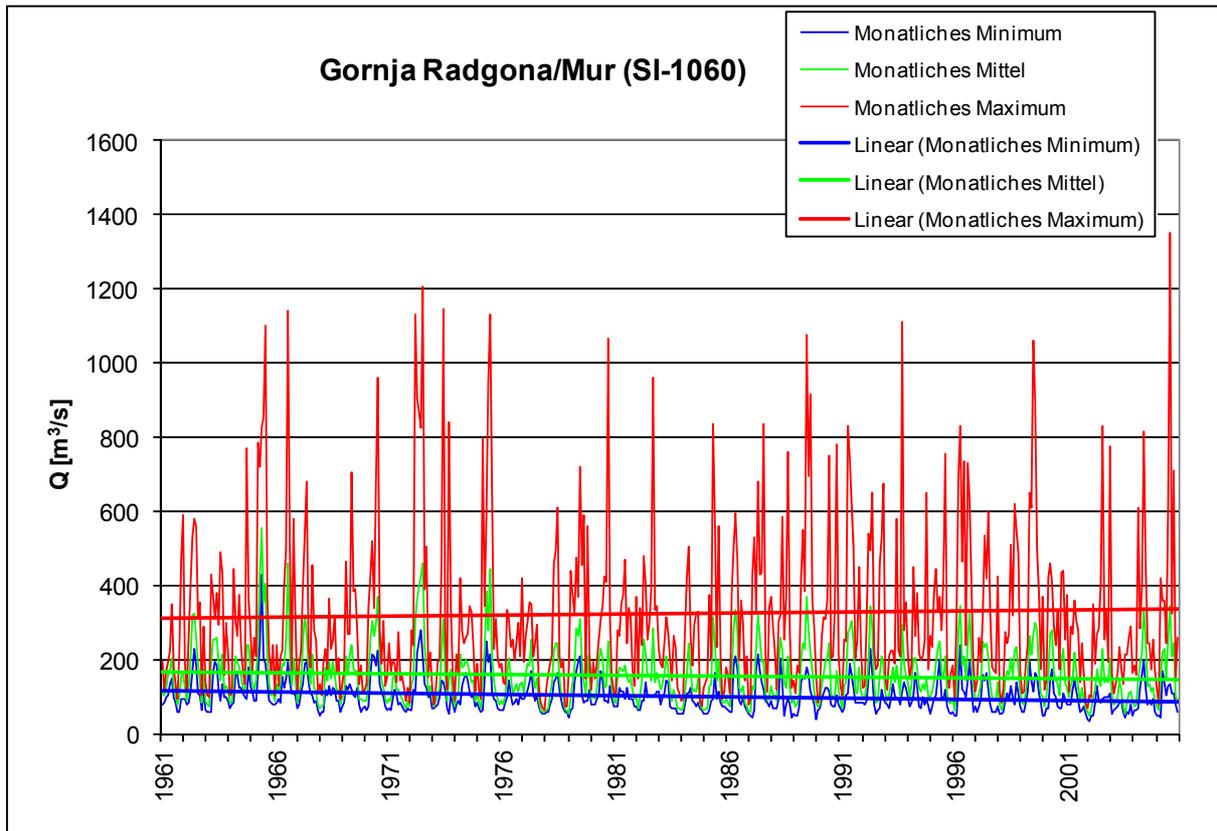


Bild 3.1.1.31: Monatsdurchflüsse am Pegel SI 1060 Gornja Radgona (Mur)

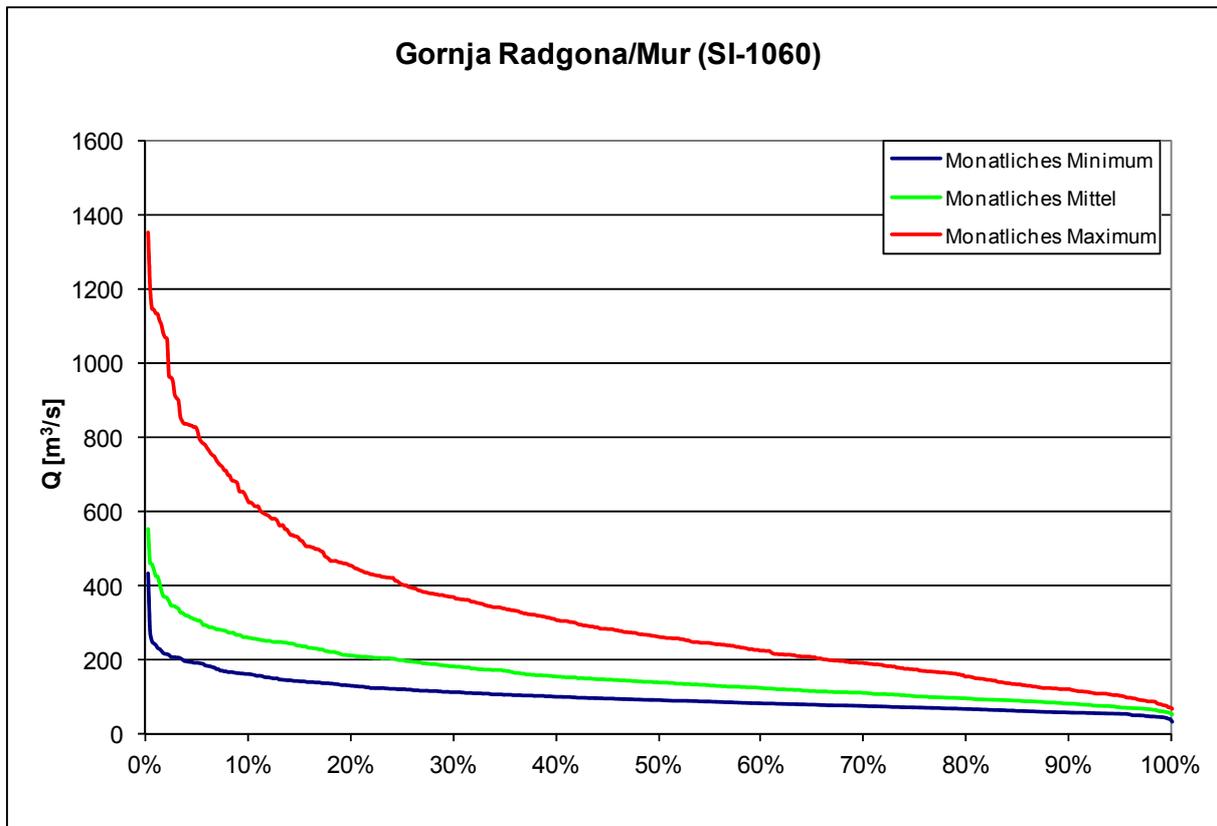


Bild 3.1.1.32: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel SI 1060 Gornja Radgona (Mur)

**SI 1070 Petanjci/Mur**

Tabelle 3.1.1.17: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel SI 1070 Petanjci (Mur)

Daten für den Zeitraum: 1961 - 2005

	<i>Q<sub>min</sub></i>	<i>Q<sub>mittel</sub></i>	<i>Q<sub>max</sub></i>
Mittelwert	102.71	159.42	331.70 m <sup>3</sup> /s
Relativer Fehler	1.92	3.30	10.02 m <sup>3</sup> /s
Median	90.65	140.00	261.50 m <sup>3</sup> /s
Modus	108.00	133.00	198.00 m <sup>3</sup> /s
Standardabweichung	44.60	76.65	232.73 m <sup>3</sup> /s
Stichprobenvarianz	1989.32	5875.88	54164.16 m <sup>3</sup> /s
Kurtosis	3.45	2.54	3.40
Schiefe	1.48	1.38	1.81
Bereich	343.60	494.50	1279.20 m <sup>3</sup> /s
Minimum	40.40	53.50	71.80 m <sup>3</sup> /s
Maximum	384.00	548.00	1351.00 m <sup>3</sup> /s
Summe	55462.60	86089.10	179118.30 m <sup>3</sup> /s
Zählen	540.00	540.00	540.00
Konfidenzbereich (95,0 %)	3.77	6.48	19.67
Monatliches Minimum Q95%	52.80	m <sup>3</sup> /s	
Monatliches Mittel Q95%	70.10	m <sup>3</sup> /s	
Monatliches Maximum Q95%	104.00	m <sup>3</sup> /s	

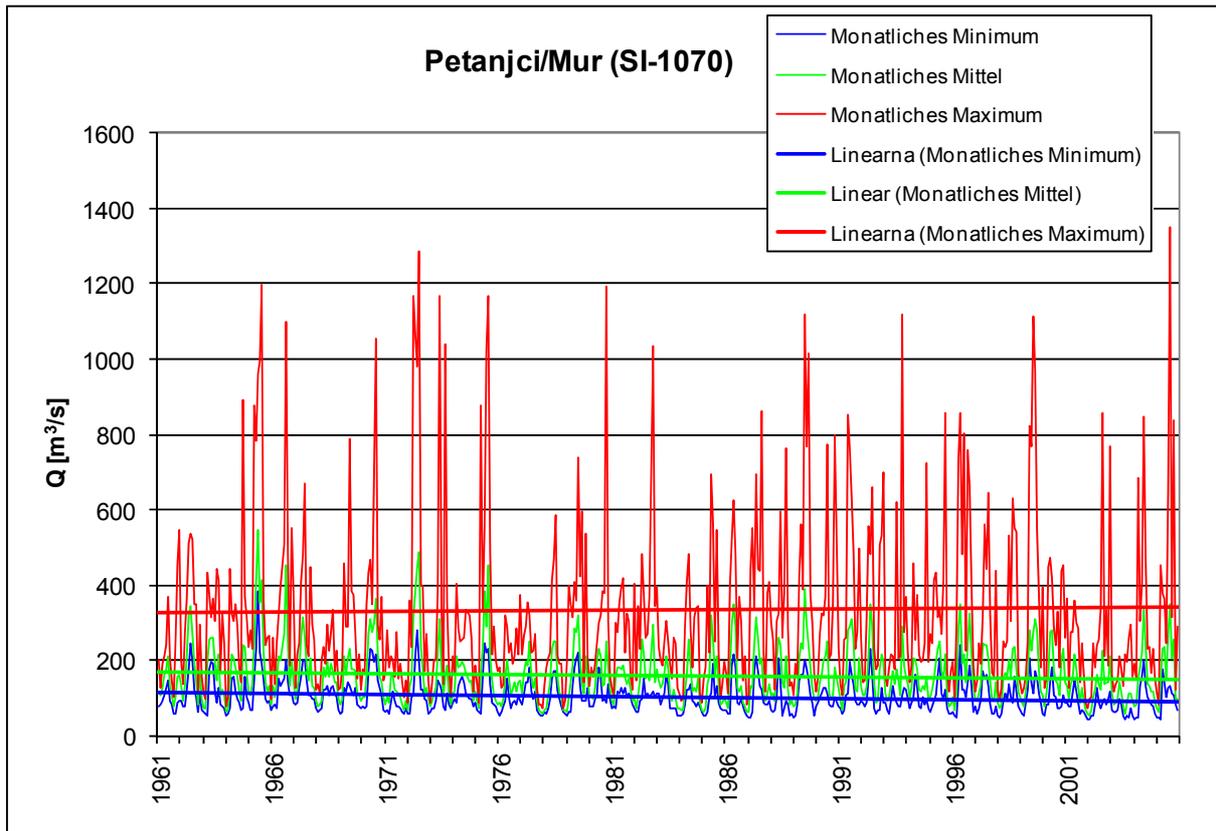


Bild 3.1.1.33: Monatsdurchflüsse am Pegel SI 1070 Petanjci (Mur)

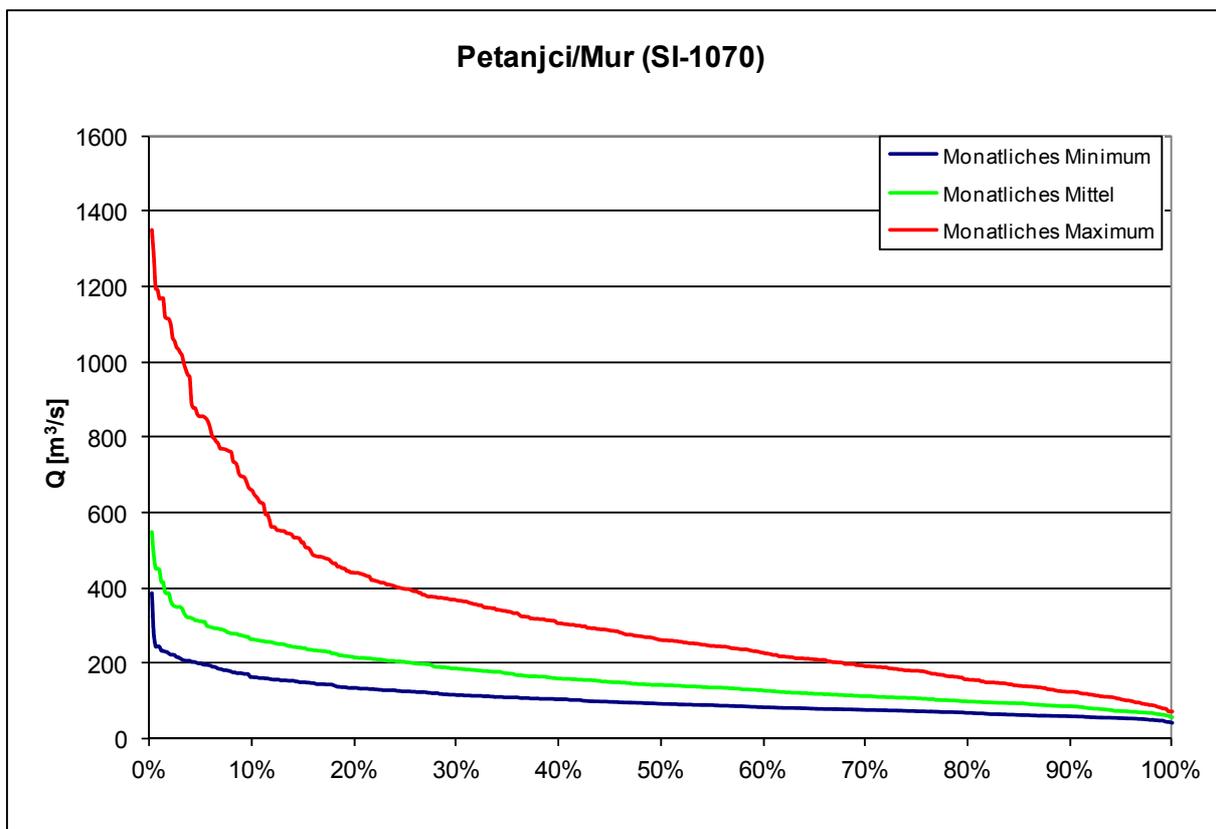


Bild 3.1.1.34: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel SI 1070 Petanjci (Mur)

**SI 1140 Pristava/Ščavnica**

Tabelle 3.1.1.18: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel SI 1140 Pristava (Ščavnica)

Daten für den Zeitraum: 1961 - 2005

	<i>Q<sub>min</sub></i>	<i>Q<sub>mittel</sub></i>	<i>Q<sub>max</sub></i>
Mittelwert	0.69	2.25	10.05 m <sup>3</sup> /s
Relativer Fehler	0.02	0.09	0.48 m <sup>3</sup> /s
Median	0.53	1.52	5.92 m <sup>3</sup> /s
Modus	0.18	1.44	10.50 m <sup>3</sup> /s
Standardabweichung	0.55	2.09	11.14 m <sup>3</sup> /s
Stichprobenvarianz	0.30	4.38	124.17 m <sup>3</sup> /s
Kurtosis	5.19	3.69	3.08
Schiefe	1.77	1.79	1.75
Bereich	4.14	13.55	64.28 m <sup>3</sup> /s
Minimum	0.02	0.05	0.12 m <sup>3</sup> /s
Maximum	4.16	13.60	64.40 m <sup>3</sup> /s
Summe	371.07	1217.04	5428.55 m <sup>3</sup> /s
Zählen	540.00	540.00	540.00
Konfidenzbereich (95,0 %)	0.05	0.18	0.94
Monatliches Minimum Q95%	0.11	m <sup>3</sup> /s	
Monatliches Mittel Q95%	0.31	m <sup>3</sup> /s	
Monatliches Maximum Q95%	0.72	m <sup>3</sup> /s	

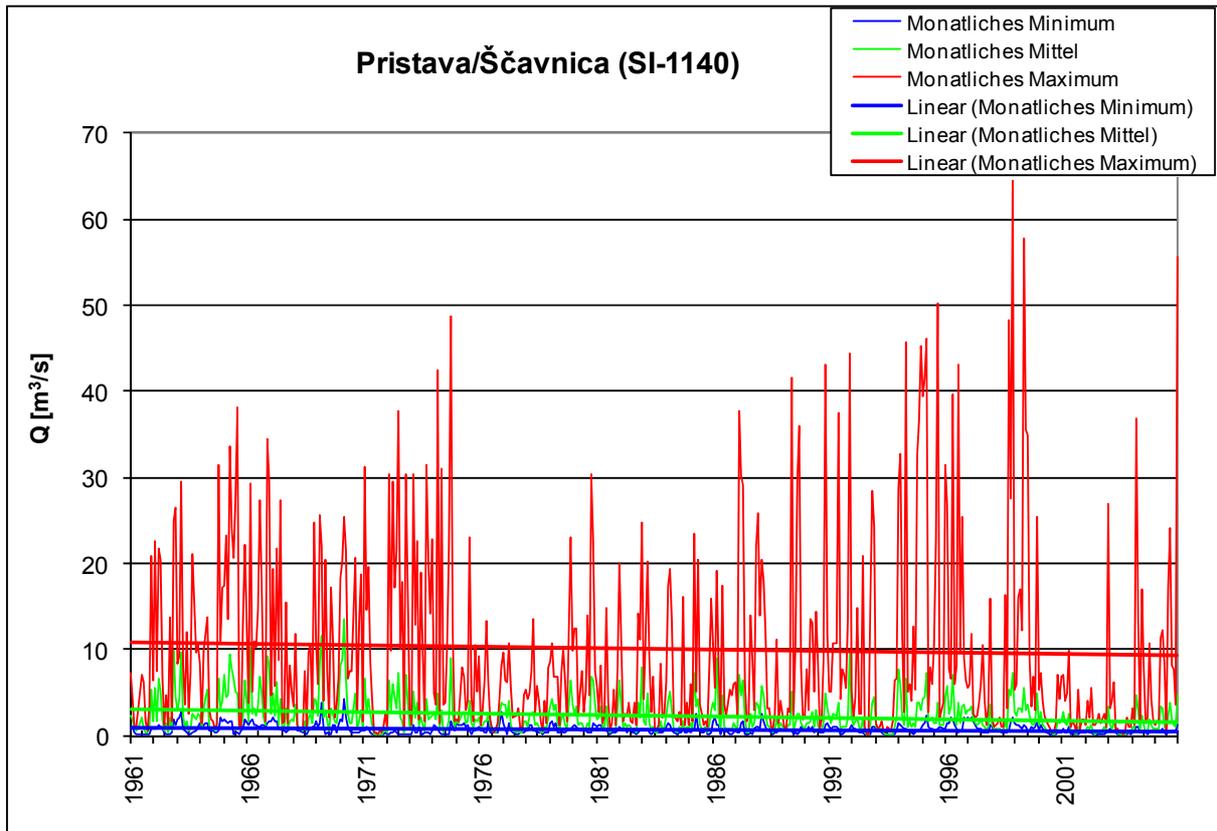


Bild 3.1.1.35: Monatsdurchflüsse am Pegel SI 1140 Pristava (Ščavnica)

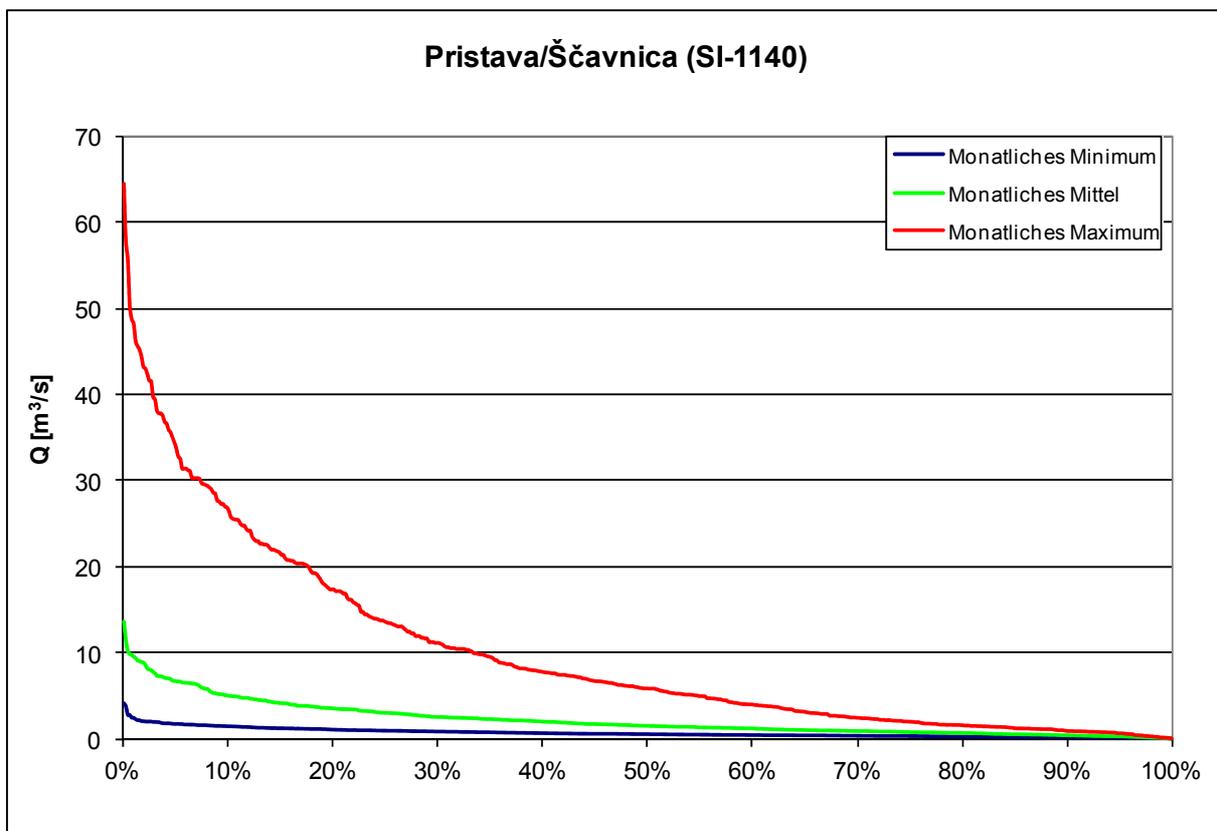


Bild 3.1.1.36: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel SI 1140 Pristava (Ščavnica)

**SI 1220 Polana/Ledava**

Tabelle 3.1.1.19: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel SI 1220 Polana (Ledava)

Daten für den Zeitraum: 1961 - 2005

	<i>Q<sub>min</sub></i>	<i>Q<sub>mittel</sub></i>	<i>Q<sub>max</sub></i>
Mittelwert	0.33	1.21	9.70 m <sup>3</sup> /s
Relativer Fehler	0.01	0.06	0.56 m <sup>3</sup> /s
Median	0.22	0.74	4.32 m <sup>3</sup> /s
Modus	0.17	1.04	1.63 m <sup>3</sup> /s
Standardabweichung	0.28	1.29	13.06 m <sup>3</sup> /s
Stichprobenvarianz	0.08	1.66	170.47 m <sup>3</sup> /s
Kurtosis	2.32	6.59	5.56
Schiefe	1.47	2.28	2.25
Bereich	1.53	9.06	80.44 m <sup>3</sup> /s
Minimum	0.00	0.01	0.06 m <sup>3</sup> /s
Maximum	1.53	9.07	80.50 m <sup>3</sup> /s
Summe	177.78	653.86	5240.30 m <sup>3</sup> /s
Zählen	540.00	540.00	540.00
Konfidenzbereich (95,0 %)	0.02	0.11	1.10
Monatliches Minimum Q95%	0.04	m <sup>3</sup> /s	
Monatliches Mittel Q95%	0.12	m <sup>3</sup> /s	
Monatliches Maximum Q95%	0.40	m <sup>3</sup> /s	

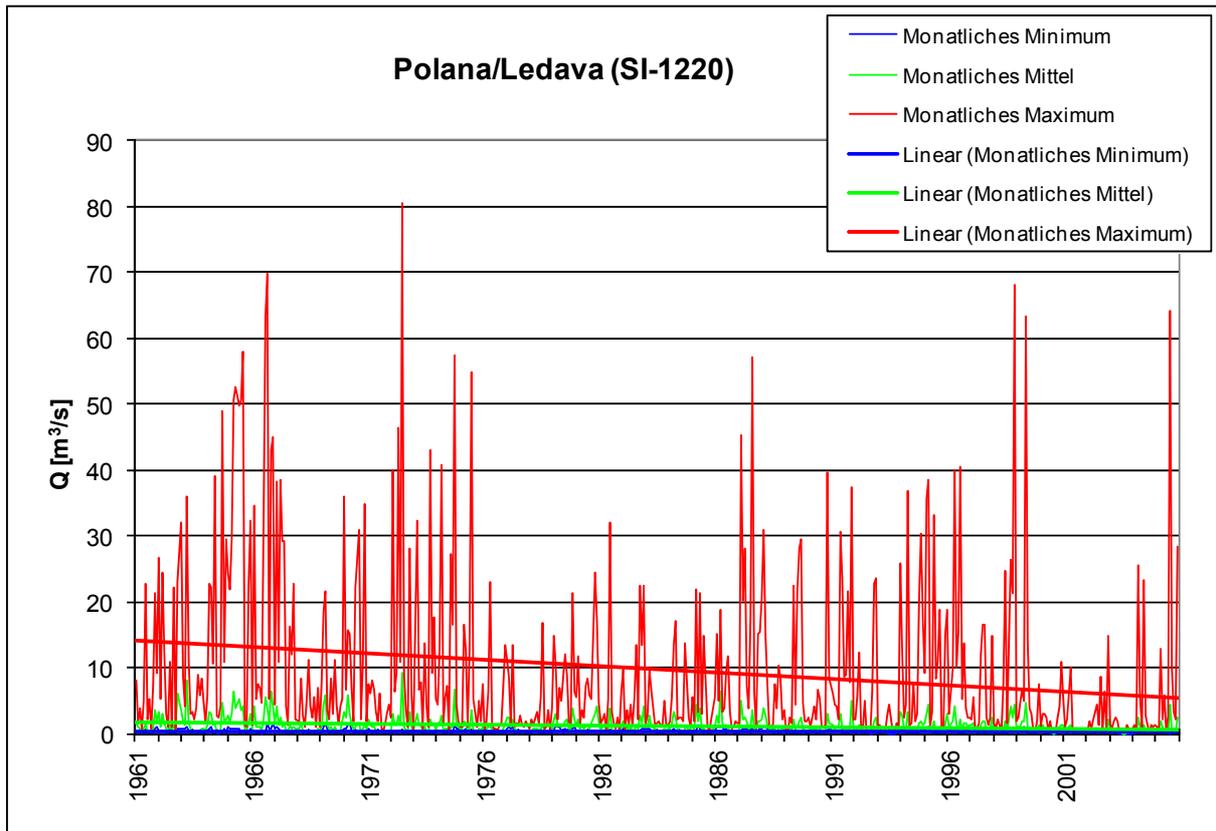


Bild 3.1.1.37: Monatsdurchflüsse am Pegel SI 1220 Polana (Ledava)

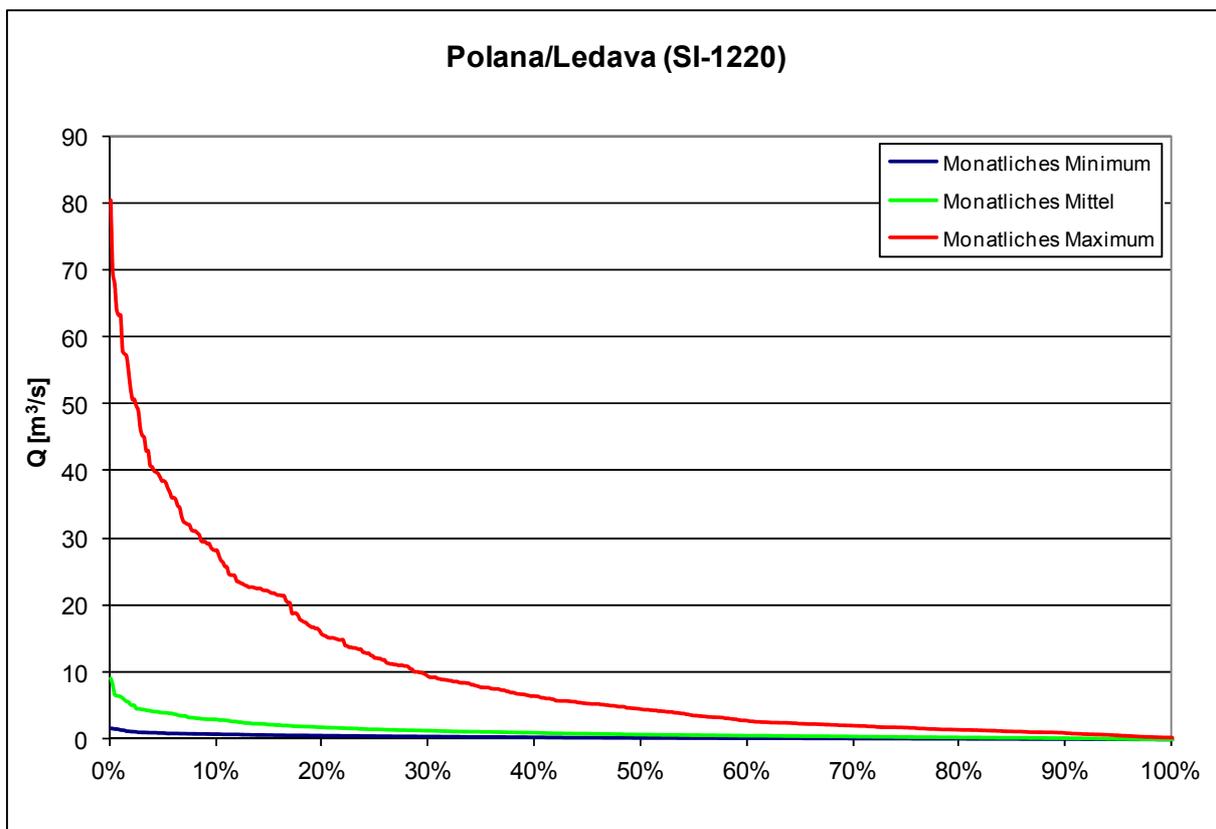


Bild 3.1.1.38: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse an der SI 1220 Polana (Ledava)

**HR 5044 Mursko Središće/Mur**

Tabelle 3.1.1.20: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel HR 5044 Mursko Središće (Mur)

Daten für den Zeitraum: 1961 - 2005

	<i>Q<sub>min</sub></i>	<i>Q<sub>mittel</sub></i>	<i>Q<sub>max</sub></i>
Mittelwert	108.48	165.48	324.92 m <sup>3</sup> /s
Relativer Fehler	1.98	3.46	9.24 m <sup>3</sup> /s
Median	96.50	144.00	266.00 m <sup>3</sup> /s
Modus	101.00	115.00	196.00 m <sup>3</sup> /s
Standardabweichung	46.06	80.46	214.61 m <sup>3</sup> /s
Stichprobenvarianz	2121.15	6473.41	46056.10 m <sup>3</sup> /s
Kurtosis	4.76	3.00	4.55
Schiefte	1.60	1.47	1.86
Bereich	386.30	541.00	1295.40 m <sup>3</sup> /s
Minimum	37.70	28.00	61.60 m <sup>3</sup> /s
Maximum	424.00	569.00	1357.00 m <sup>3</sup> /s
Summe	58578.20	89358.70	175455.30 m <sup>3</sup> /s
Zählen	540.00	540.00	540.00
Konfidenzbereich (95,0 %)	3.89	6.80	18.14
Monatliches Minimum Q95%	55.10		m <sup>3</sup> /s
Monatliches Mittel Q95%	75.10		m <sup>3</sup> /s
Monatliches Maximum Q95%	110.00		m <sup>3</sup> /s

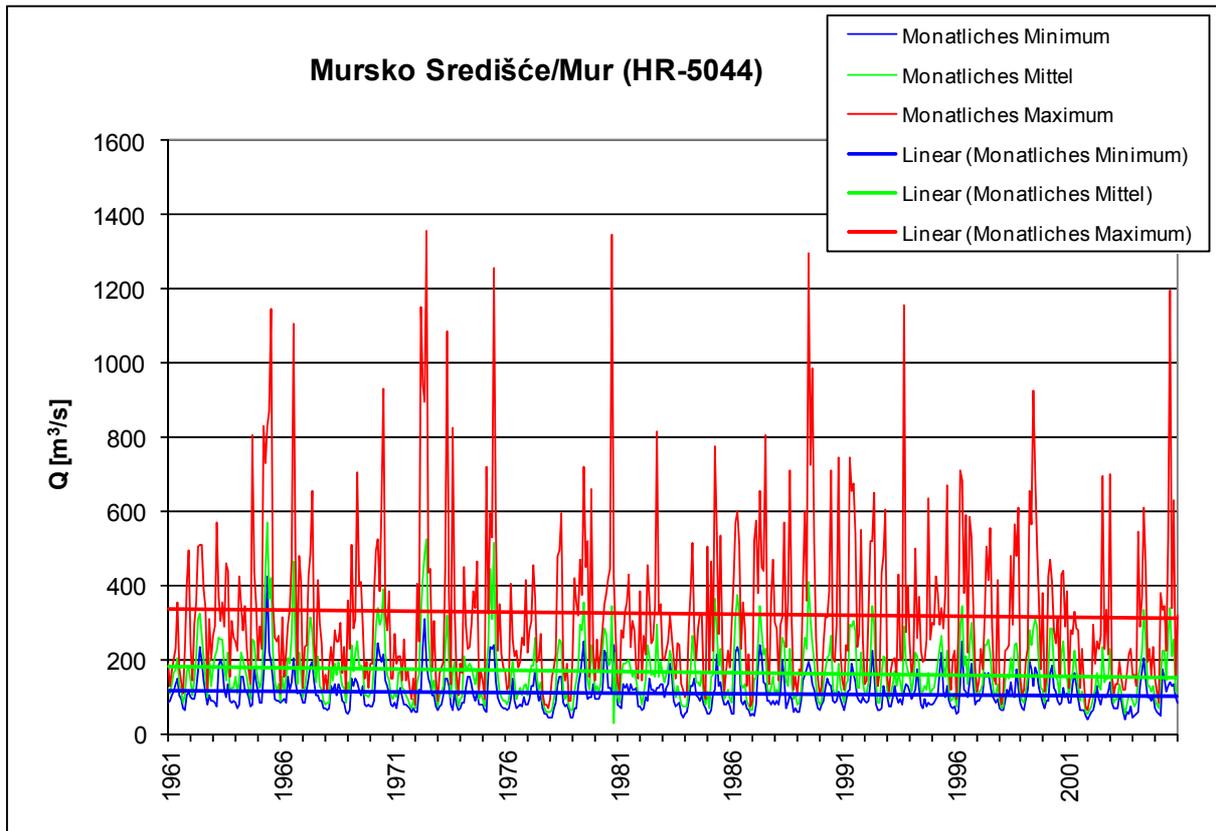


Bild 3.1.1.39: Monatsdurchflüsse am Pegel HR 5044 Mursko Središće (Mur)

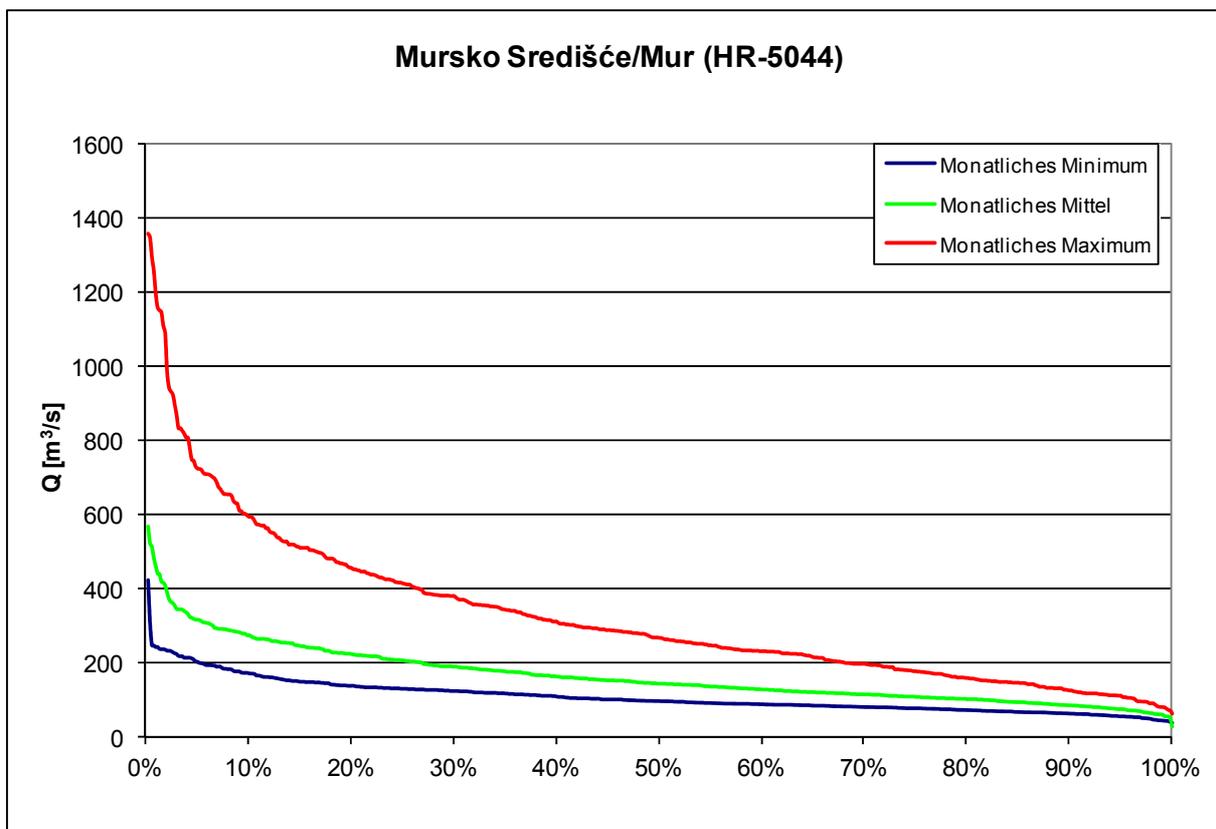


Bild 3.1.1.40: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel HR 5044 Mursko Središće (Mur)

**HR 5035 Goričan/Mur**

Tabelle 3.1.1.21: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel HR 5035 Goričan (Mur)

Daten für den Zeitraum: 1961 - 2005

	<i>Q<sub>min</sub></i>	<i>Q<sub>mittel</sub></i>	<i>Q<sub>max</sub></i>
Mittelwert	112.57	167.97	316.34 m <sup>3</sup> /s
Relativer Fehler	1.93	3.41	8.79 m <sup>3</sup> /s
Median	101.00	144.50	262.50 m <sup>3</sup> /s
Modus	99.90	141.00	149.00 m <sup>3</sup> /s
Standardabweichung	44.85	79.28	204.23 m <sup>3</sup> /s
Stichprobenvarianz	2011.76	6285.34	41707.91 m <sup>3</sup> /s
Kurtosis	8.11	3.62	4.92
Schiefe	1.89	1.57	1.90
Bereich	432.70	535.70	1379.50 m <sup>3</sup> /s
Minimum	39.30	50.30	67.50 m <sup>3</sup> /s
Maximum	472.00	586.00	1447.00 m <sup>3</sup> /s
Summe	60788.10	90704.50	170824.50 m <sup>3</sup> /s
Zählen	540.00	540.00	540.00
Konfidenzbereich (95,0 %)	3.79	6.70	17.26

Monatliches Minimum Q95%	60.50 m <sup>3</sup> /s
Monatliches Mittel Q95%	77.70 m <sup>3</sup> /s
Monatliches Maximum Q95%	110.00 m <sup>3</sup> /s

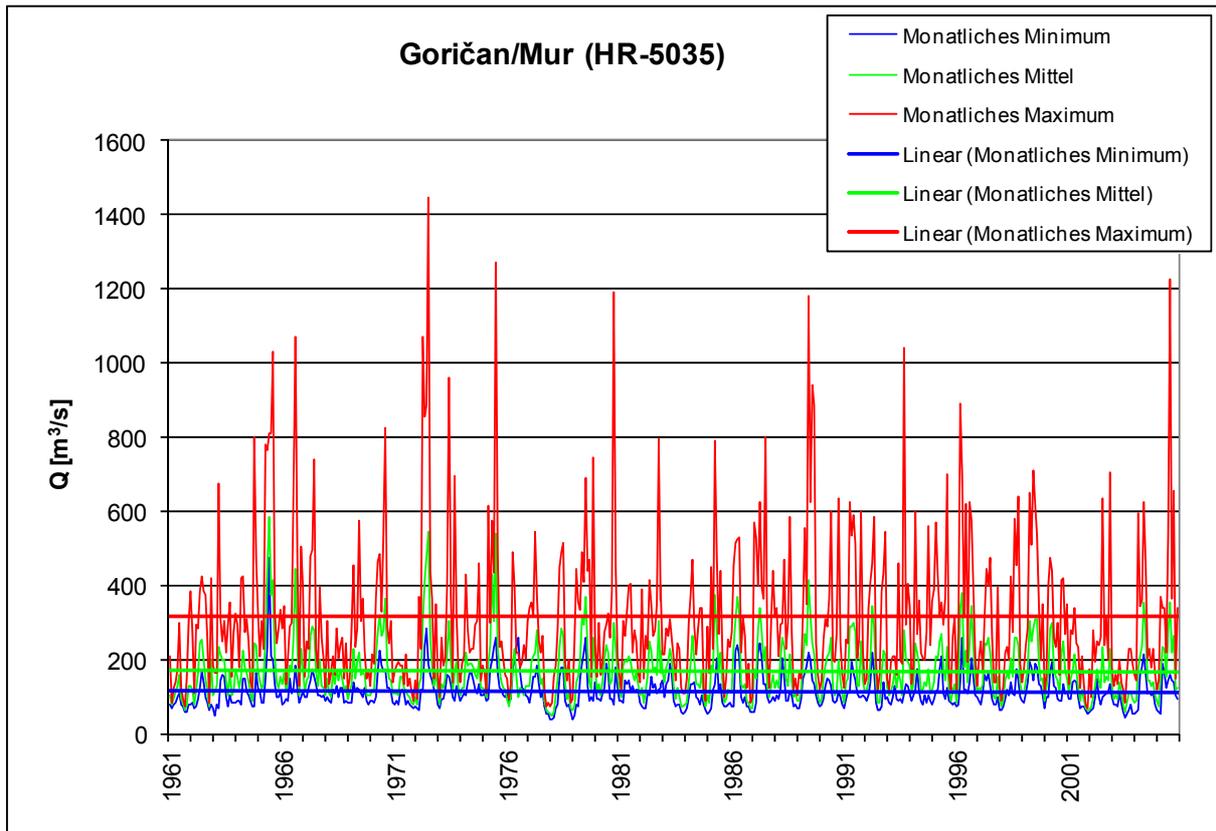


Bild 3.1.1.41: Monatsdurchflüsse am Pegel HR 5035 Goričan (Mur)

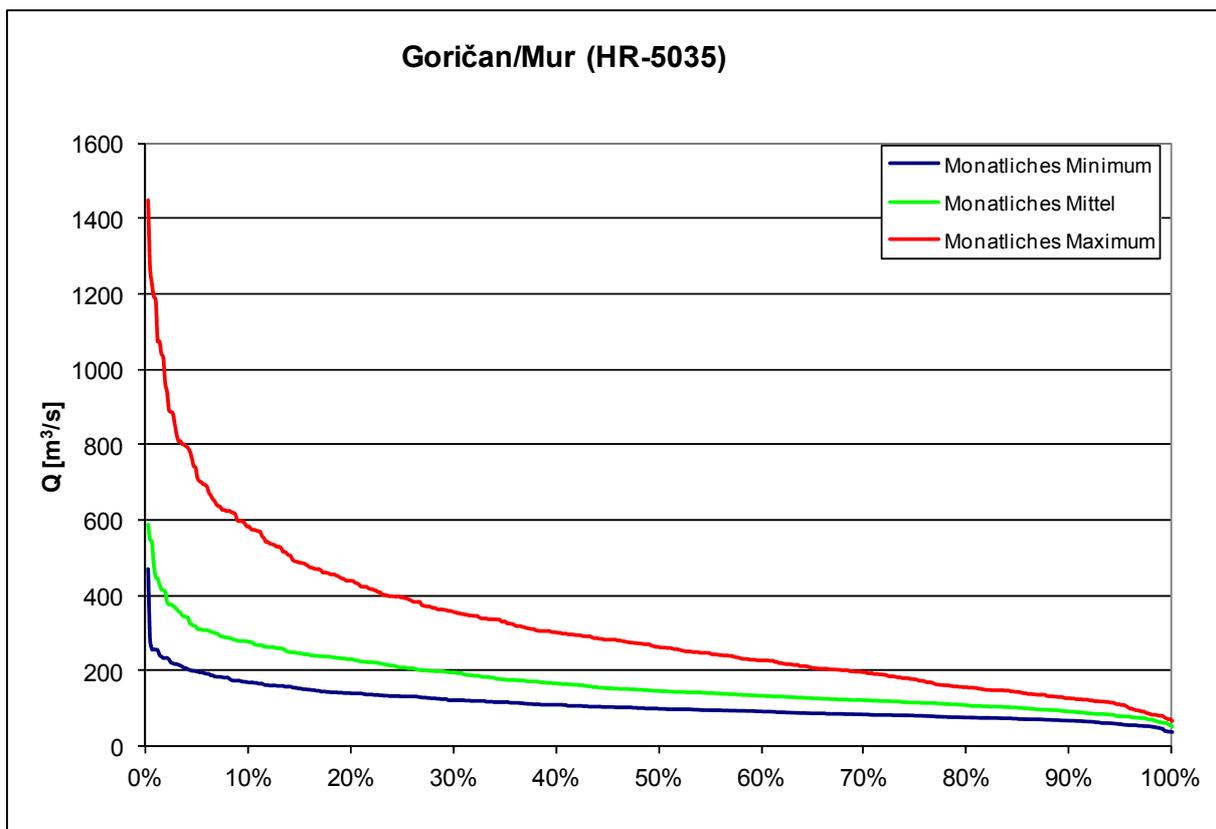


Bild 3.1.1.42: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel HR 5035 Goričan (Mur)

**HR 5026 Jendrašiček/Trnava**

Tabelle 3.1.1.22: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel HR 5026 Jendrašiček (Trnava)

Daten für den Zeitraum: 1961 - 2005

	<i>Q<sub>min</sub></i>	<i>Q<sub>mittel</sub></i>	<i>Q<sub>max</sub></i>
Mittelwert	0.17	0.40	1.40 m <sup>3</sup> /s
Relativer Fehler	0.01	0.02	0.12 m <sup>3</sup> /s
Median	0.11	0.26	0.52 m <sup>3</sup> /s
Modus	0.10	0.24	0.56 m <sup>3</sup> /s
Standardabweichung	0.14	0.47	2.72 m <sup>3</sup> /s
Stichprobenvarianz	0.02	0.22	7.41 m <sup>3</sup> /s
Kurtosis	4.17	25.41	20.58
Schiefte	2.03	4.16	3.98
Bereich	0.82	4.77	26.58 m <sup>3</sup> /s
Minimum	0.00	0.02	0.02 m <sup>3</sup> /s
Maximum	0.82	4.79	26.60 m <sup>3</sup> /s
Summe	91.15	213.96	754.90 m <sup>3</sup> /s
Zählen	540.00	540.00	540.00
Konfidenzbereich (95,0 %)	0.01	0.04	0.23
Monatliches Minimum Q95%	0.05		m <sup>3</sup> /s
Monatliches Mittel Q95%	0.07		m <sup>3</sup> /s
Monatliches Maximum Q95%	0.10		m <sup>3</sup> /s

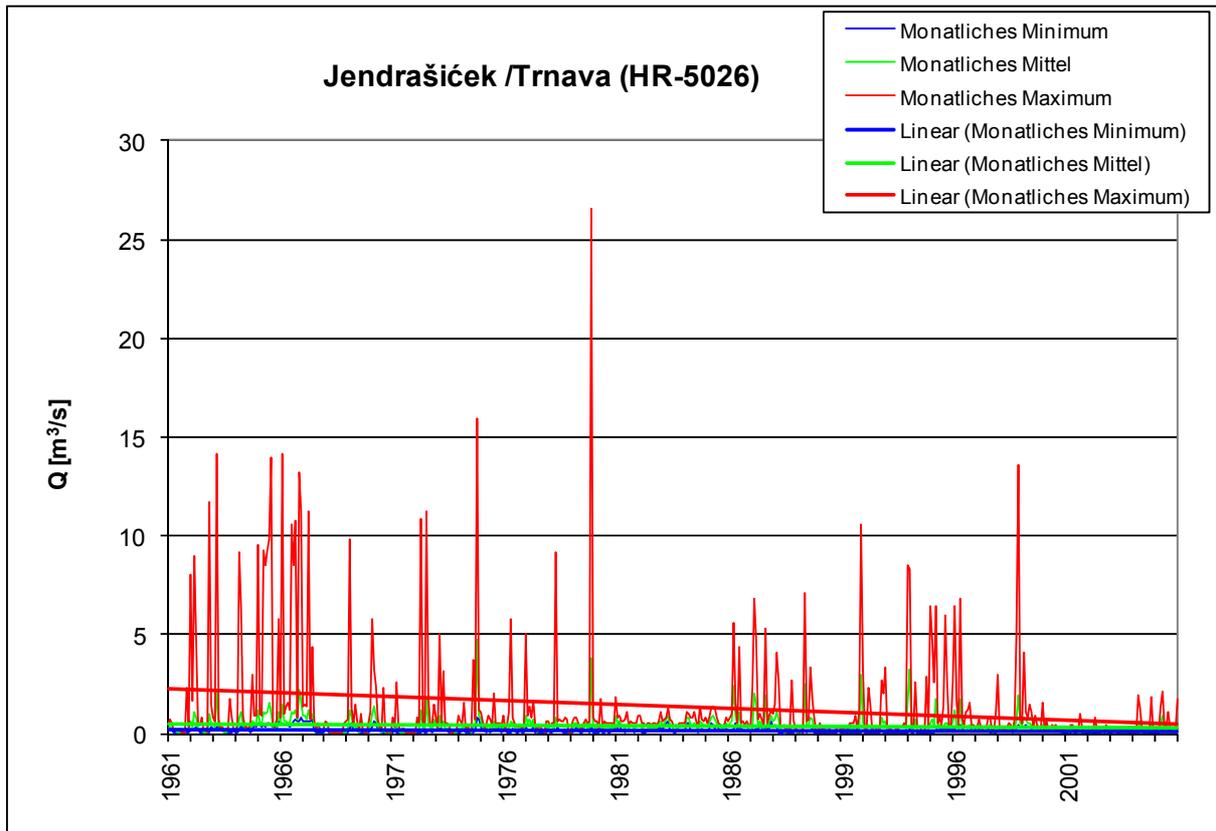


Bild 3.1.1.43: Monatsdurchflüsse am Pegel HR 5026 Jendrašiček (Trnava)

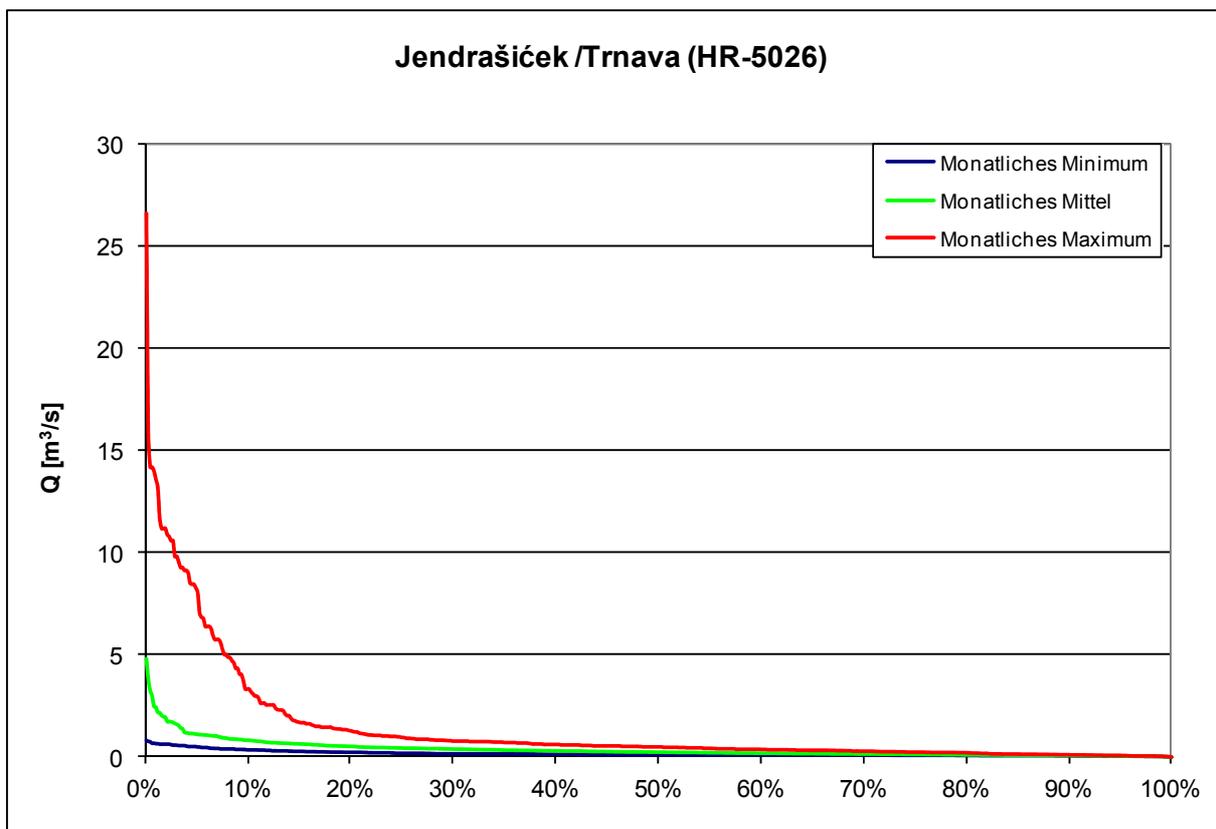


Bild 3.1.1.44: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel HR 5026 Jendrašiček (Trnava)

**H 360 Letenye/Mur**

Tabelle 3.1.1.23: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel H 360 Letenye (Mur)

Daten für den Zeitraum: 1961 - 2005

	<i>Q<sub>min</sub></i>	<i>Q<sub>mittel</sub></i>	<i>Q<sub>max</sub></i>
Mittelwert	123.01	178.07	332.15 m <sup>3</sup> /s
Relativer Fehler	2.07	3.54	9.18 m <sup>3</sup> /s
Median	114.00	154.00	274.00 m <sup>3</sup> /s
Modus	122.00	154.00	230.00 m <sup>3</sup> /s
Standardabweichung	48.20	82.21	213.38 m <sup>3</sup> /s
Stichprobenvarianz	2322.94	6759.09	45529.67 m <sup>3</sup> /s
Kurtosis	13.53	4.63	4.71
Schiefe	2.21	1.68	1.88
Bereich	524.40	618.40	1510.10 m <sup>3</sup> /s
Minimum	43.60	56.60	69.90 m <sup>3</sup> /s
Maximum	568.00	675.00	1580.00 m <sup>3</sup> /s
Summe	66427.80	96155.60	179362.90 m <sup>3</sup> /s
Zählen	540.00	540.00	540.00
Konfidenzbereich (95,0 %)	4.07	6.95	18.04
Monatliches Minimum Q95%	65.00		m <sup>3</sup> /s
Monatliches Mittel Q95%	84.30		m <sup>3</sup> /s
Monatliches Maximum Q95%	115.00		m <sup>3</sup> /s

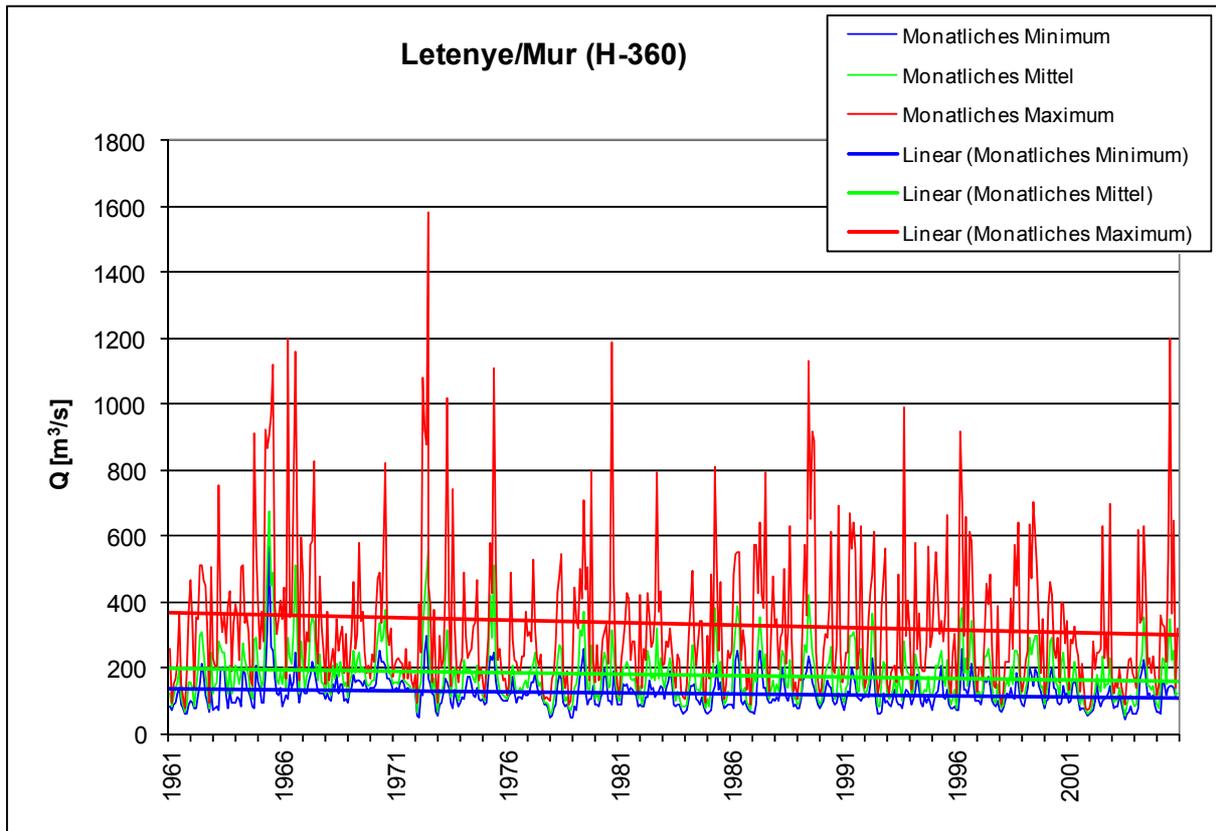


Bild 3.1.1.45: Monatsdurchflüsse am Pegel H 360 Letenye (Mur)

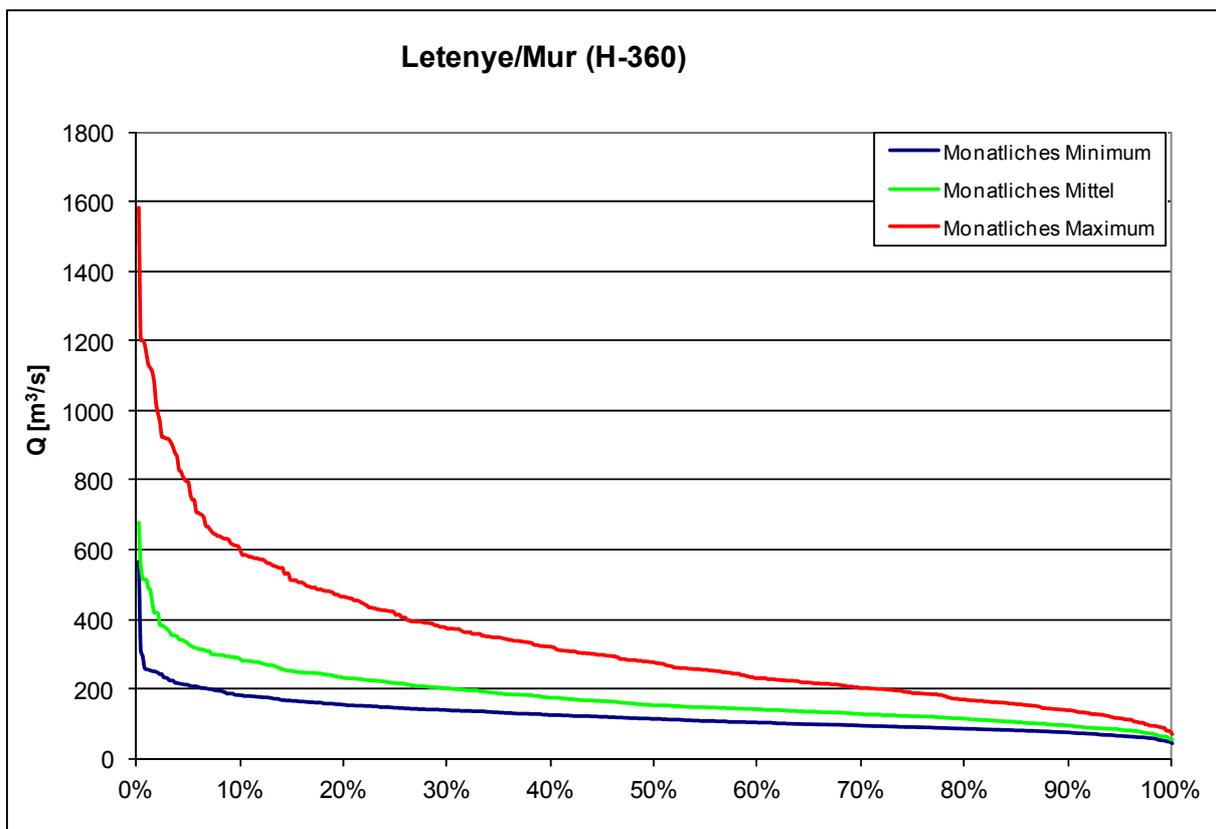


Bild 3.1.1.46: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel H 360 Letenye (Mur)

**H 364 Tormafölde/Kerka**

Tabelle 3.1.1.24: Statistische Monatsdurchflüsse für den Pegel H 364 Tormafölde (Kerka)

Daten für den Zeitraum: 1963 - 2005

	<i>Q<sub>min</sub></i>	<i>Q<sub>mittel</sub></i>	<i>Q<sub>max</sub></i>
Mittelwert	1.67	4.18	18.48 m <sup>3</sup> /s
Relativer Fehler	0.04	0.17	1.01 m <sup>3</sup> /s
Median	1.48	2.78	8.78 m <sup>3</sup> /s
Modus	1.04	1.87	12.50 m <sup>3</sup> /s
Standardabweichung	0.91	3.92	22.91 m <sup>3</sup> /s
Stichprobenvarianz	0.84	15.33	524.87 m <sup>3</sup> /s
Kurtosis	2.65	6.78	5.63
Schiefe	1.34	2.33	2.24
Bereich	6.25	25.95	138.70 m <sup>3</sup> /s
Minimum	0.12	0.15	0.31 m <sup>3</sup> /s
Maximum	6.37	26.10	139.00 m <sup>3</sup> /s
Summe	861.92	2154.82	9536.75 m <sup>3</sup> /s
Zählen	516.00	516.00	516.00
Konfidenzbereich (95,0 %)	0.08	0.34	1.98
Monatliches Minimum Q95%	0.57		m <sup>3</sup> /s
Monatliches Mittel Q95%	0.87		m <sup>3</sup> /s
Monatliches Maximum Q95%	1.45		m <sup>3</sup> /s

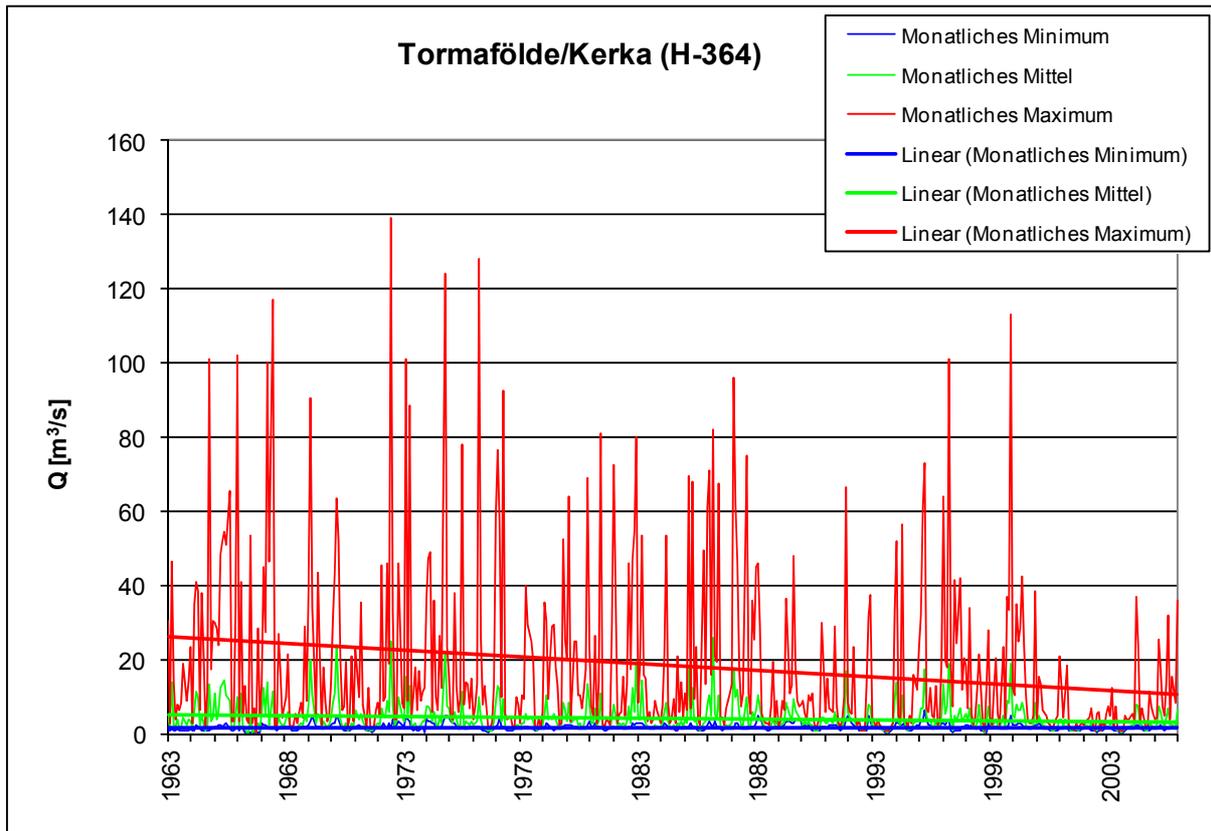


Bild 3.1.1.47: Monatsdurchflüsse am Pegel H 364 Tormafölde (Kerka)

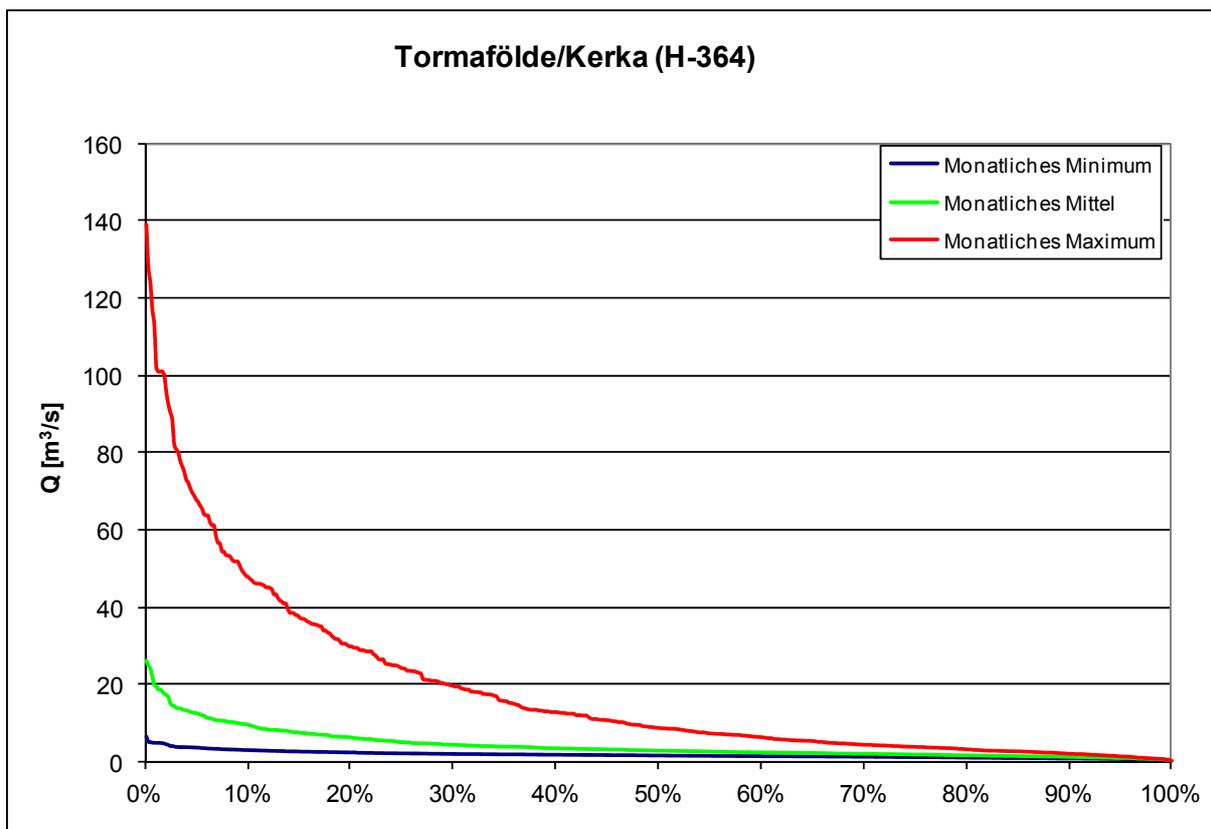


Bild 3.1.1.48: Dauerlinie der Monatsdurchflüsse am Pegel H 364 Tormafölde (Kerka)

### 3.1.2 Saisonalität der Durchflüsse

Für die jeweiligen Pegel wurden die Monatsdurchflüsse mit folgender Dauer berechnet: 10 %, 25 %, 50 %, 75 % und 90 %. Es wurden Diagramme mit den Durchflüssen gleicher Dauer in den jeweiligen Monaten erstellt, woraus die charakteristische Verteilung der Durchflüsse der Mur und ihrer Zubringer in den einzelnen Bereichen des Einzugsgebiets festgestellt wurde.

Die mittleren Monatsdurchflüsse mit verschiedener Dauer weisen eine signifikante saisonale Verteilung in den oberen Teilen des Einzugsgebiets auf (Bild 3.1.2.1): hohe Durchflüsse im Mai infolge der Schneeschmelze im Hochgebirge und niedrige Durchflüsse in den Wintermonaten. Bei den Zubringern in den unteren Teilen des Einzugsgebiets ist die saisonale Verteilung der Durchflüsse unterschiedlich (Bild 3.1.2.4 und 3.1.2.5). Niederwasserdurchflüsse sind im September (zum Ende des Sommers) zu verzeichnen, Hochwasserdurchflüsse hingegen im März, Juni und November.

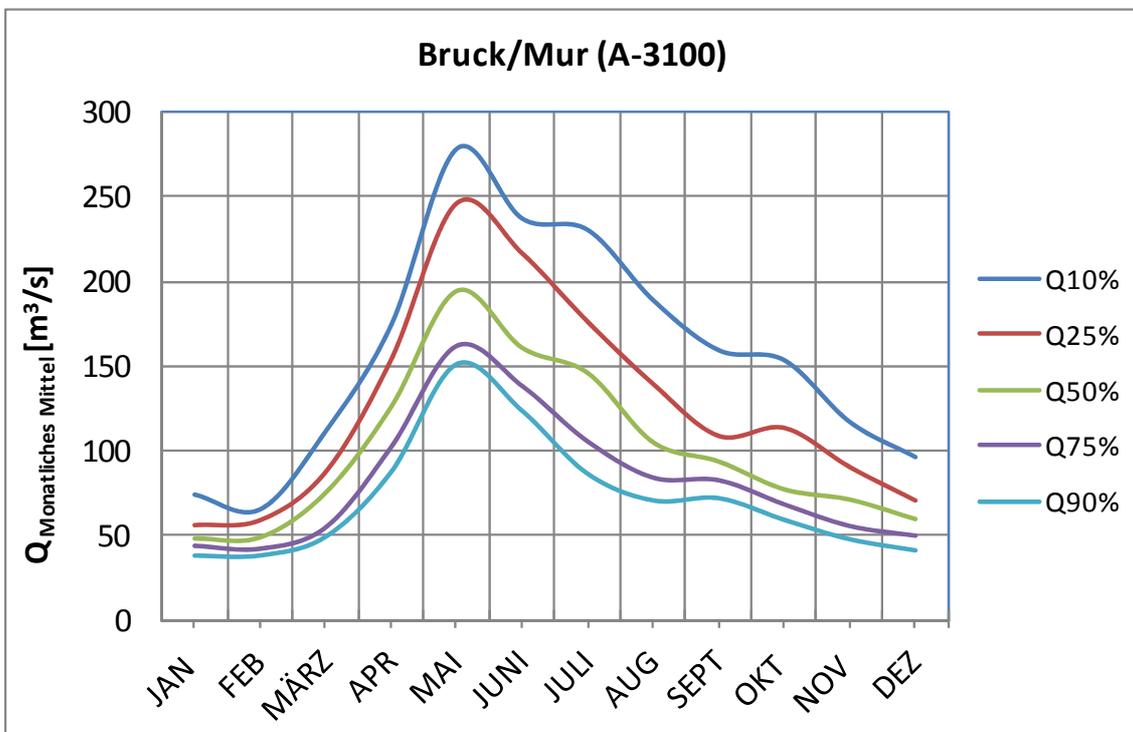


Bild 3.1.2.1: Durchflussregime - mittlere Monatsdurchflüsse am Pegel Bruck an der Mur (Mur)

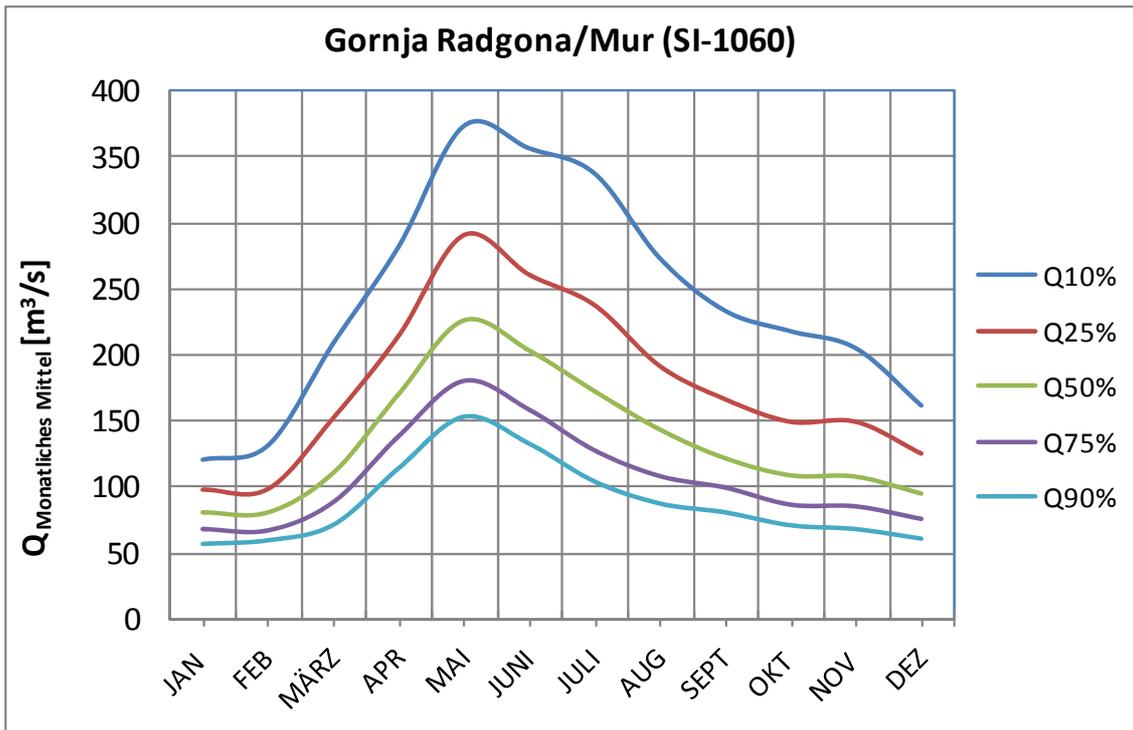


Bild 3.1.2.2: Durchflussregime - mittlere Monatsdurchflüsse am Pegel Gornja Radgona (Mur)

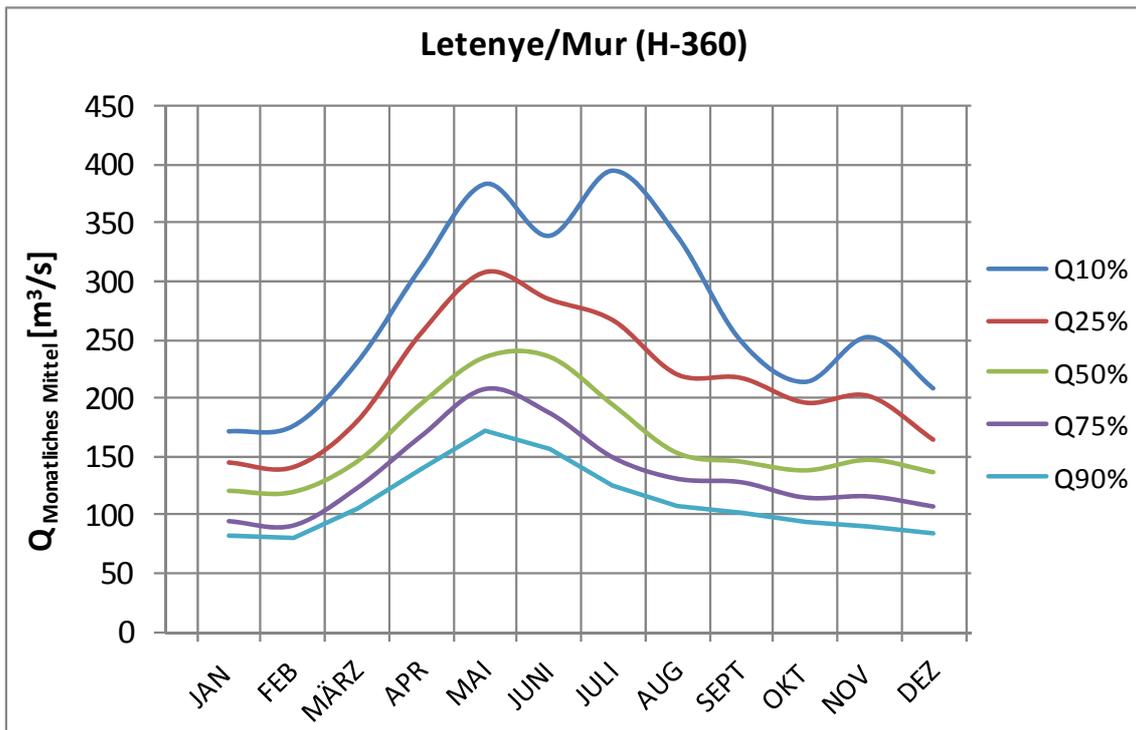


Bild 3.1.2.3: Durchflussregime - mittlere Monatsdurchflüsse am Pegel Letenye (Mur)

Aufgrund der Diagramme in den Bildern 3.1.2.1, 3.1.2.2 und 3.1.2.3 ist festzustellen, dass das im Oberlauf entstehende Durchflussregime entlang des gesamten Flusslaufs übertragen wird.

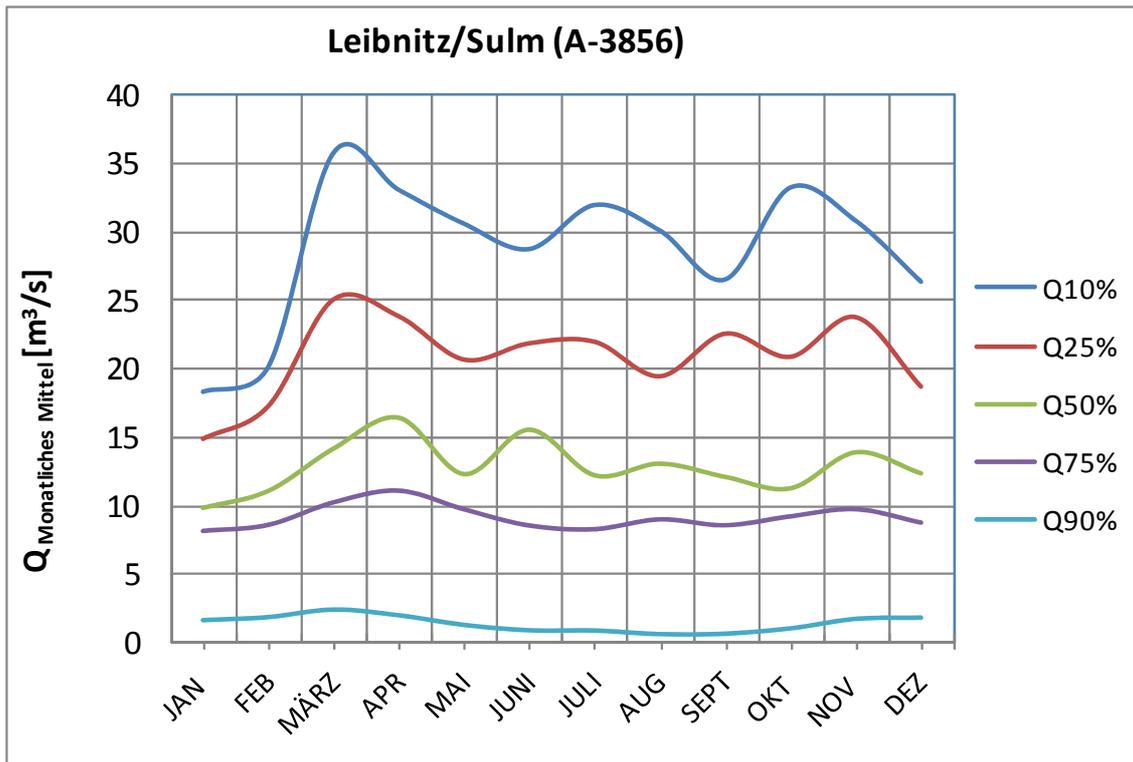


Bild 3.1.2.4: Durchflussregime - mittlere Monatsdurchflüsse am Pegel Leibnitz (Sulm)

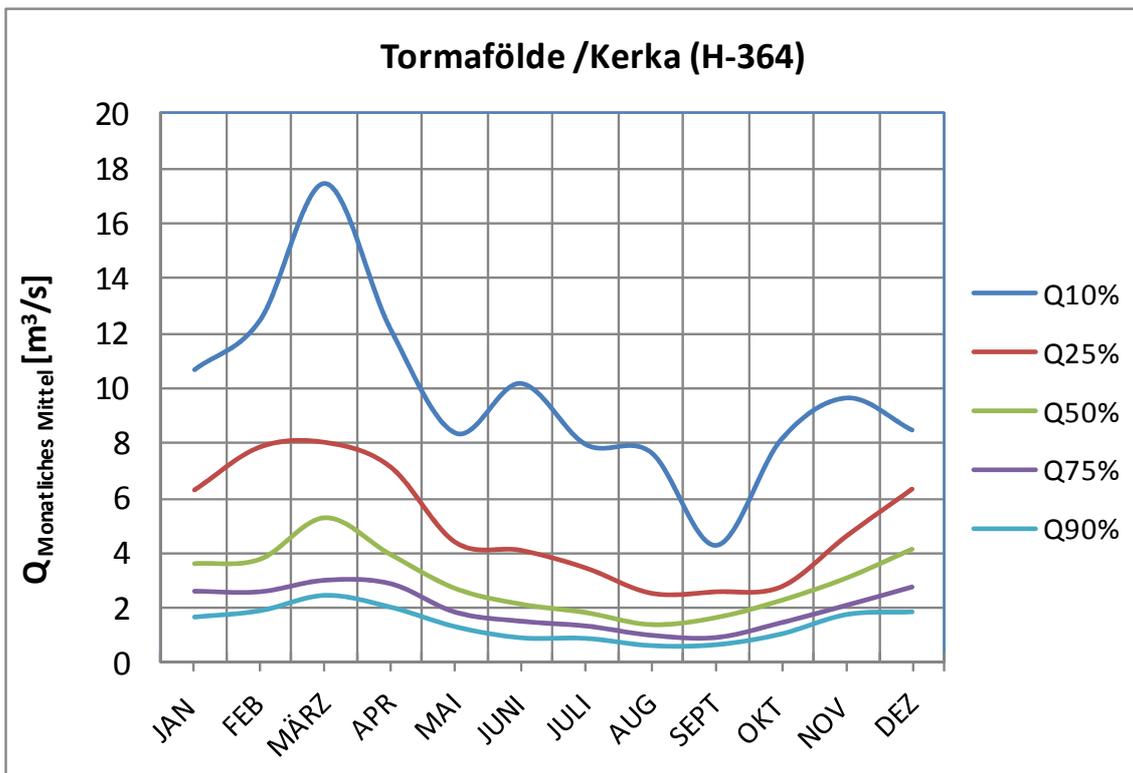


Bild 3.1.2.5: Durchflussregime - mittlere Monatsdurchflüsse am Pegel Tormafölde (Kerka)

Die Zubringer im zentralen Bereich des Einzugsgebiets weisen ein relativ ausgewogenes Regime der Mittel- und Niederwasserdurchflüsse im Laufe des Jahres auf. Bemerkbar ist lediglich das Ausbleiben von Hochwasserdurchflüssen in den Wintermonaten (Bild 3.1.2.4). Das Durchflussregime der Sulm in Bild

3.1.2.4 unterscheidet sich wesentlich vom Durchflussregime der Zubringer im Oberlauf bzw. der Mur.

Die Zuflüsse der Mur im unteren Bereich des Einzugsgebiets weisen ein signifikantes Durchflussdefizit in den Sommermonaten und ein etwas weniger ausgeprägtes Defizit im Winter auf. Hochwasserdurchflüsse sind insbesondere für das Frühjahr und in geringerem Maße für den Herbst charakteristisch (Bild 3.1.2.5). Das Durchflussregime der Mur im Unterlauf unterscheidet sich wesentlich vom Durchflussregime der Mur und der Zubringer im Mittellauf. Die in den Bildern 3.1.2.1 bis 3.1.2.5 dargestellten Durchflussregime bildeten die Grundlage für die Einteilung des Einzugsgebiets in Ober-, Mittel- und Unterlauf.

### 3.1.3 Analyse der Änderungen der mittleren Jahresdurchflüsse

Der mittlere Durchfluss steigt entlang des Flusslaufs der Mur bis zur Mündung in die Drau an (Bild 3.1.3.1). Auffallend sind die Abweichungen zwischen den Pegeln Bruck und Graz. Der Grund dafür ist eine konstante Abgabe von ca. 11 – 12 m<sup>3</sup>/s vor dem Pegel Graz in einen rechtsseitigen Mühlkanal.

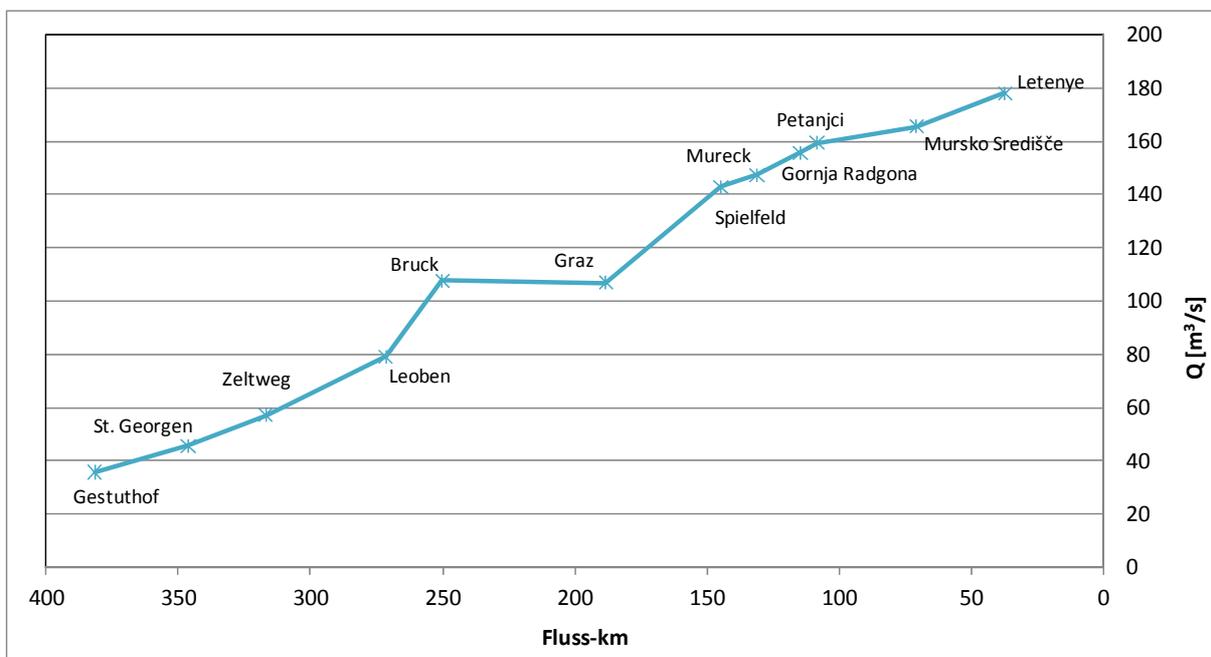


Bild 3.1.3.1: Längenschnitt des mittleren Jahresdurchflusses

Die minimalen Durchflüsse (aus den Tagesmittelwerten) sind in Bild 3.1.3.2 dargestellt. Zu sehen ist, dass der Abfluss entlang des Flusslaufs steigt und an den Pegeln Graz, Spielfeld und Mureck plötzlich abfällt. Der minimale Tagesmittelwert des Durchflusses wurde am Pegel Graz im Februar 1985, am Pegel Spielfeld im Januar 1985 und am Pegel Mureck im Februar 1987 verzeichnet. Die Werte lagen dabei am Pegel Graz bei 15,9 m<sup>3</sup>/s, am Pegel Spielfeld bei 22,4 m<sup>3</sup>/s und am Pegel Mureck bei 32,5 m<sup>3</sup>/s.

Zu den Daten des Pegels Graz ist zu bemerken, dass in diesen der Durchfluss des Mühlkanals (rechtsufriges Ausleitungserinne der Mur mit einer Dotation von 10 - 12 m<sup>3</sup>/s) nicht berücksichtigt ist. Generell wurden extreme Tiefstwerte in den

Jahren 1985 - 1987 verzeichnet, als beim Betrieb der Wasserkraftwerke noch kein ökologisches Minimum eingehalten wurde. Die Tagesmittelwerte der Durchflüsse sind wesentlich höher (Annex VII, Tabelle 3.1.3.1).

Tabelle 3.1.3.1: Minimale Tagesdurchflüsse (in m<sup>3</sup>/s) für die Pegel Graz im Februar 1985 (erste Spalte), Spielfeld im Januar 1985 (zweite Spalte) und Mureck im Februar 1987 (dritte Spalte)

Graz, Februar 1985

2/1/1985 0:00	30.9999
2/2/1985 0:00	59.0926
2/3/1985 0:00	103.7158
2/4/1985 0:00	60.6873
2/5/1985 0:00	42.7006
2/6/1985 0:00	39.5962
2/7/1985 0:00	39.7488
2/8/1985 0:00	42.3101
2/9/1985 0:00	37.0376
2/10/1985 0:00	34.4408
2/11/1985 0:00	34.1472
2/12/1985 0:00	27.8601
2/13/1985 0:00	23.213
2/14/1985 0:00	25.2091
2/15/1985 0:00	27.0621
2/16/1985 0:00	26.9873
2/17/1985 0:00	25.0537
2/18/1985 0:00	23.6023
2/19/1985 0:00	22.8317
2/20/1985 0:00	21.7111
2/21/1985 0:00	21.8786
2/22/1985 0:00	23.908
2/23/1985 0:00	24.2274
2/24/1985 0:00	24.6276
2/25/1985 0:00	31.8772
2/26/1985 0:00	35.5854
2/27/1985 0:00	36.4817
2/28/1985 0:00	35.351

Spielfeld, Januar 1985

1/1/1985 0:00	33.0827
1/2/1985 0:00	32.1397
1/3/1985 0:00	35.257
1/4/1985 0:00	37.5949
1/5/1985 0:00	37.9542
1/6/1985 0:00	26.6846
1/7/1985 0:00	22.4254
1/8/1985 0:00	37.2438
1/9/1985 0:00	42.0858
1/10/1985 0:00	40.3012
1/11/1985 0:00	35.9125
1/12/1985 0:00	30.0232
1/13/1985 0:00	26.5626
1/14/1985 0:00	25.7599
1/15/1985 0:00	38.2807
1/16/1985 0:00	55.3843
1/17/1985 0:00	69.0994
1/18/1985 0:00	68.2942
1/19/1985 0:00	64.8627
1/20/1985 0:00	61.9934
1/21/1985 0:00	66.9948
1/22/1985 0:00	68.3105
1/23/1985 0:00	76.9053
1/24/1985 0:00	139.9115
1/25/1985 0:00	109.6915
1/26/1985 0:00	86.9686
1/27/1985 0:00	79.7574
1/28/1985 0:00	82.8725
1/29/1985 0:00	70.5674
1/30/1985 0:00	63.599
1/31/1985 0:00	64.7992

Mureck, Februar 1987

2/1/1987 0:00	44.2552
2/2/1987 0:00	32.551
2/3/1987 0:00	43.7825
2/4/1987 0:00	46.4201
2/5/1987 0:00	48.4419
2/6/1987 0:00	52.1921
2/7/1987 0:00	55.007
2/8/1987 0:00	54.9913
2/9/1987 0:00	57.1518
2/10/1987 0:00	65.8924
2/11/1987 0:00	80.167
2/12/1987 0:00	92.2834
2/13/1987 0:00	110.6745
2/14/1987 0:00	125.3635
2/15/1987 0:00	198.1318
2/16/1987 0:00	225.6042
2/17/1987 0:00	235.767
2/18/1987 0:00	198.3474
2/19/1987 0:00	170.7633
2/20/1987 0:00	197.8571
2/21/1987 0:00	316.4891
2/22/1987 0:00	219.7141
2/23/1987 0:00	173.7479
2/24/1987 0:00	141.6279
2/25/1987 0:00	121.5073
2/26/1987 0:00	109.581
2/27/1987 0:00	107.8077
2/28/1987 0:00	110.3105

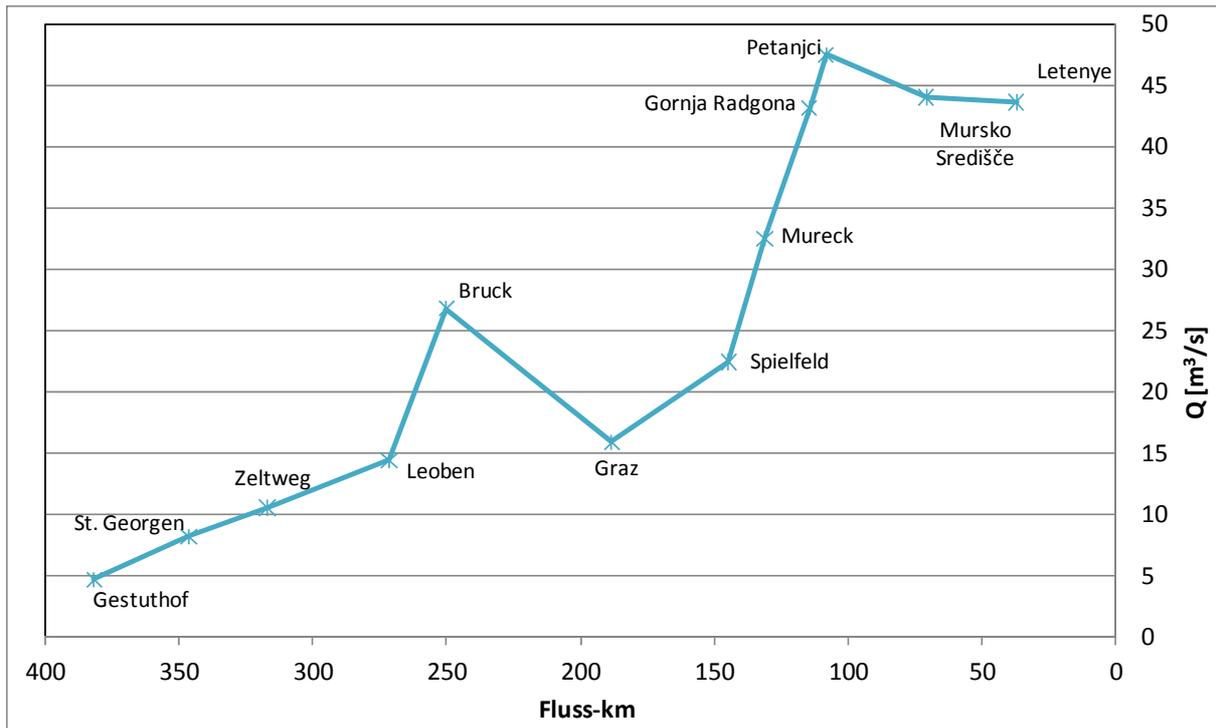


Bild 3.1.3.2: Längenschnitt des minimalen Jahresdurchflusses

Bei der Analyse der minimalen Durchflüsse wurden auch die Daten der Pegel Gornja Radgona und flussabwärts Petanjci eingehend untersucht. Den Grund dafür zeigt Bild 3.1.3.2, wo die angesichts der geringen Entfernung zwischen beiden Pegeln große Differenz in den Durchflüssen zu bemerken ist.

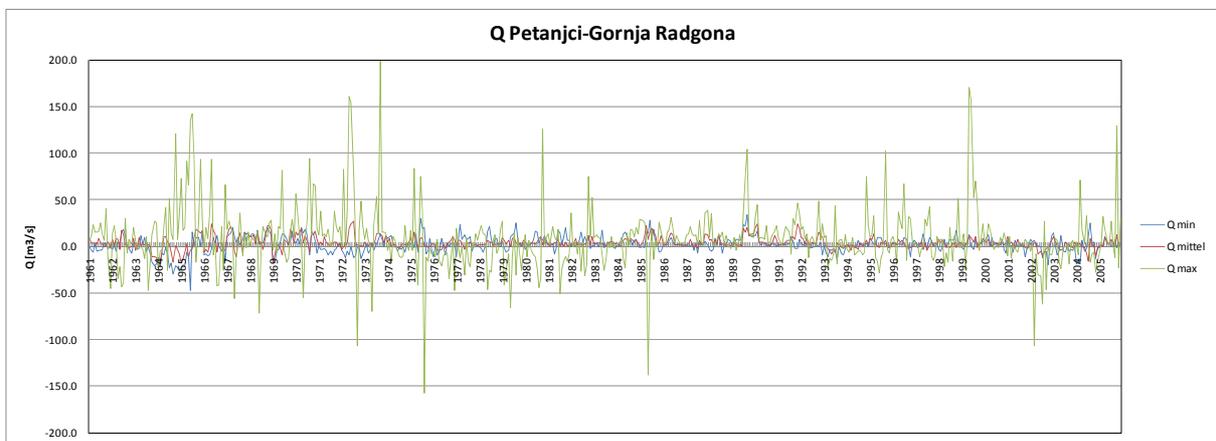


Bild 3.1.3.3: Unterschied zwischen den Durchflüssen an den Pegeln Gornja Radgona und Petanjci

In Bild 3.1.3.3 sind die negativen Differenzen bei den maximalen Durchflüssen zu sehen. Aufgrund dessen kann der Schluss gezogen werden, dass die Daten des Pegels Gornja Radgona mit denjenigen des flussaufwärts gelegenen Pegels Mureck abgestimmt wurden, nicht jedoch mit den Daten des flussabwärts gelegenen Pegels Petanjci. Ähnliche Ergebnisse zeigte auch ein Vergleich der Pegel Mureck und Spielfeld.

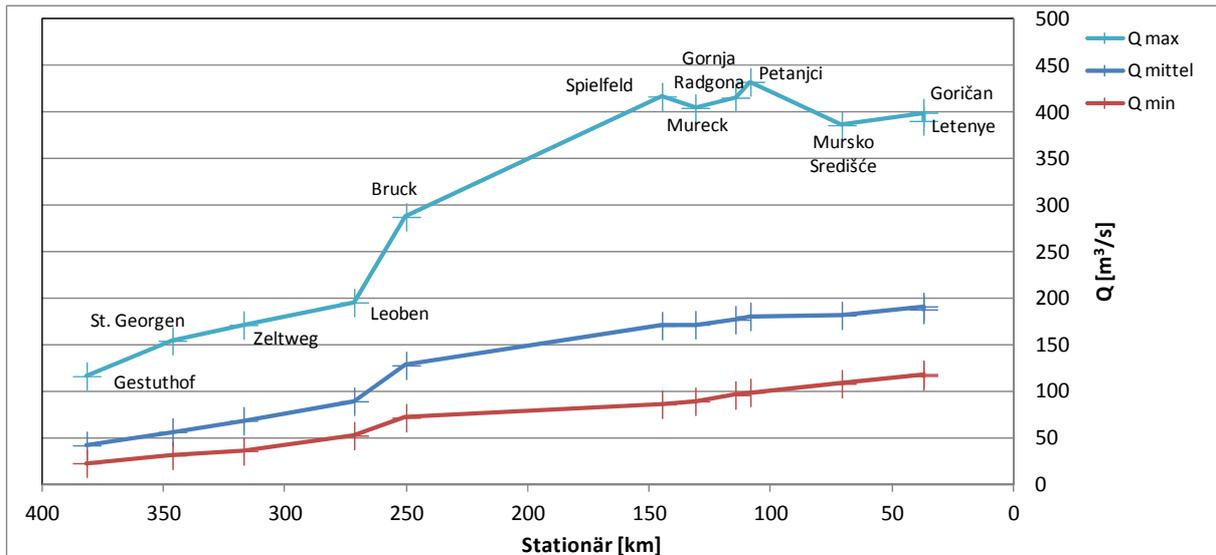


Bild 3.1.3.4: Längenschnitt der maximalen, minimalen und mittleren Durchflüsse (Tagesmittelwerte) im Jahr 2005

In Bild 3.1.3.4 ist ein Längenschnitt der mittleren, maximalen und minimalen Durchflüsse im Jahr 2005 auf Basis von Tagesmittelwerten dargestellt. Die mittleren und minimalen Durchflüsse zeigen einen stetigen Anstieg, bei den maximalen Durchflüssen sind die Abweichungen ausgeprägter, der wahrscheinlichste Grund dafür liegt in den Unsicherheiten der Schlüsselkurven im Hochwasserbereich.

Der Unterschied in den Daten vor und nach der Abstimmung der Pegel Goričan und Letenye ist in Bild 3.1.3.5 gut zu erkennen. Vor dem Jahr 1972 (Zeitraum 1961 - 1972) betragen die Unterschiede in den Durchflüssen im selben Profil durchschnittlich  $61 \text{ m}^3/\text{s}$ , nach dem Jahr 1972 (Zeitraum 1972 - 1990) nur noch durchschnittlich  $6 \text{ m}^3/\text{s}$ , wobei größere Unterschiede nach wie vor bei Hochwasserereignissen auftreten.

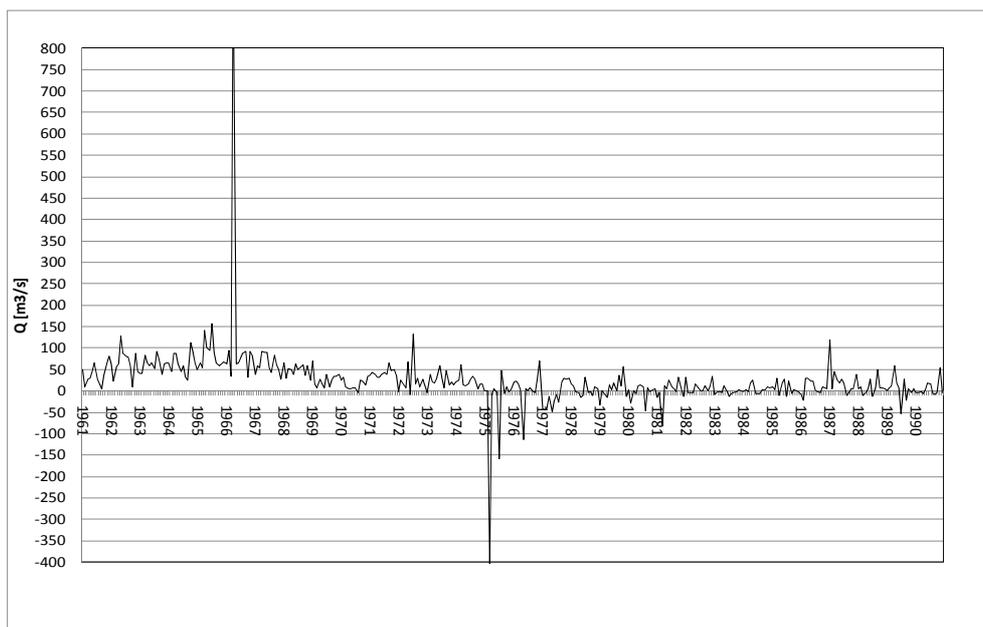


Bild 3.1.3.5: Differenzen in den Durchflüssen an den Pegeln Goričan und Letenye im Zeitraum 1961 - 1990

In Bild 3.1.3.6 sind die Differenzen zwischen den mittleren Monatsdurchflüssen der Pegel Goričan und Mursko Središće sowie der Pegel Letenye und Mursko Središće im Vergleich zu den mittleren Monatsdurchflüssen der Kerka dargestellt. Der Pegel Mursko Središće liegt flussaufwärts der Pegel Goričan und Letenye, die sich wie erwähnt im selben Profil befinden. Die Kerka ist ein Zufluss zur Mur zwischen den Pegeln Mursko Središće und Goričan bzw. Letenye.

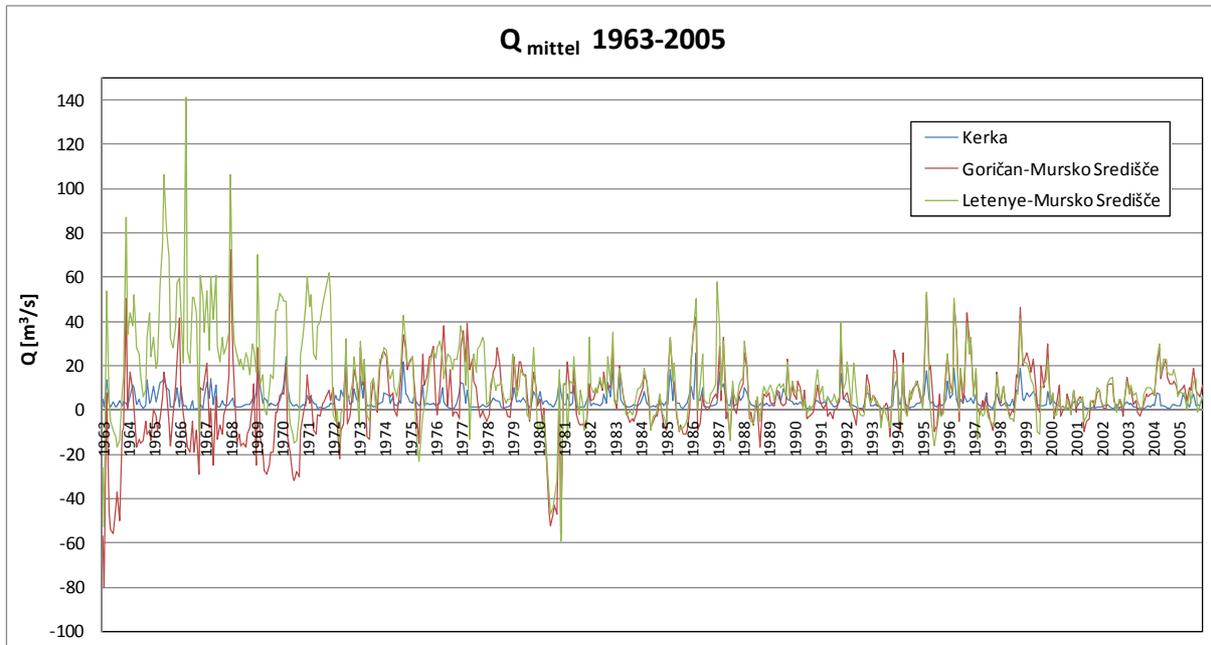


Bild 3.1.3.6: Differenzen in den mittleren Monatsdurchflüssen der Pegel Mursko Središće - Goričan und Mursko Središće - Letenye im Vergleich zum mittleren Monatsdurchfluss der Kerka für den Zeitraum 1963 - 2005

In Bild 3.1.3.6 sind die negativen Differenzen zwischen den Pegeln zu sehen; die Unterschiede übersteigen die Zuflüsse der Kerka deutlich. Gut erkennbar sind die größeren Abweichungen vor dem Jahr 1975, worauf eine spätere Abstimmung der Daten erfolgte. Dargestellt sind die Daten für den gesamten Messzeitraum. In Bild 3.1.3.7 ist zusätzlich der Messzeitraum nach 2000 dargestellt, der ebenfalls ähnliche Differenzen zeigt. Ein Teil der Differenzen kann durch einen Einfluss des Grundwasserregimes begründet werden, wofür aber eine gesonderte Analyse erforderlich ist.

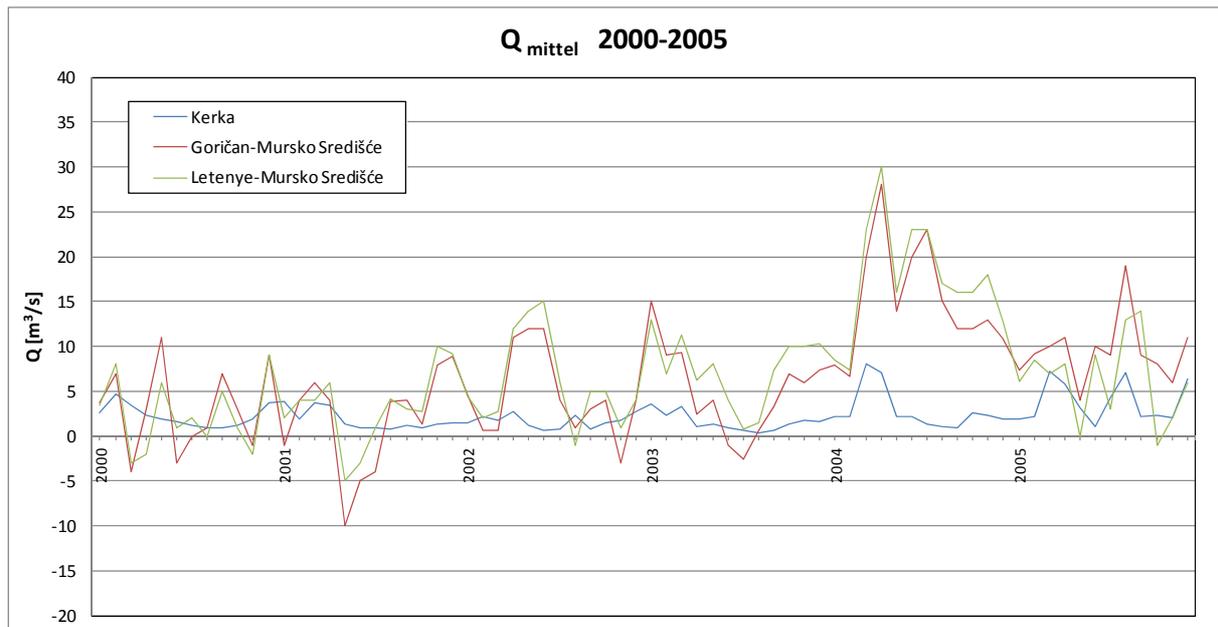


Bild 3.1.3.7: Differenzen in den mittleren Monatsdurchflüssen der Pegel Mursko Središće - Goričan und Mursko Središće - Letenye im Vergleich zum mittleren Monatsdurchfluss der Kerka für den Zeitraum 2000 - 2005

Da die Differenz der Durchflüsse zwischen Goričan - Mursko Središće und Letenye - Mursko Središće höher ist als die Durchflüsse der Kerka, liegt der Schluss nahe, dass der fehlende Durchfluss zur Grundwasseranreicherung beiträgt.

Die Differenzen zwischen den Durchflüssen der Pegel Mursko Središće und Goričan sind im Zeitraum bis zum Jahr 1972 geringer als zwischen den Durchflüssen der Pegel Mursko Središće und Letenye. Auch die Korrelationskoeffizienten, die die Korrelation zwischen den Pegeln Mursko Središće und Goričan ausdrücken, sind etwas höher als bei der Korrelation mit dem Pegel Letenye (Tabelle 3.1.5.1). Die Ursache liegt in der Abstimmung älterer Daten, die einst vom jugoslawischen hydrologischen Dienst an Pegeln in Slowenien und Kroatien gemessen wurden.

### 3.1.4 Q95%, berechnet auf Basis von Tagesmittelwerten

Tabelle 3.1.4.1: Q95% (in m<sup>3</sup>/s), berechnet auf Basis von Tagesmittelwerten

Code	Stationsname	Zeitraum	Q 95%	Zeitraum	Q 95%
2055	Gestuthof	1961-2010	9.9	1961-2005	9.6
2170	St. Georgen	1951-2009	14.0	1961-2005	13.7
2400	Zeltweg	1977-2009	18.8	1977-2005	18.5
2700	Leoben	1951-2009	26.02	1961-2005	25.6
3100	Bruck	1967-2010	39.6	1967-2005	39.3
3397	Graz	1966-2010	33.1	1966-2005	32.5
3870	Spielfeld	1968-2009	58.5	1968-2005	58.1
3902	Mureck	1974-2010	62.4	1974-2005	61.6
2940	Neuberg	1961-2010	2.1	1961-2005	2.1
3001	Kindthal	1966-2010	5.1	1966-2005	5.1
3082	Kapfenberg	1971-2010	8.9	1971-2005	8.6
3500	Mellach	1988-2009	38.8	1988-2005	38.7
3670	Voitsberg	1966-2010	0.8	1966-2005	0.8
3701	Lieboch	1951-2010	2.5	1961-2005	2.4
3791	Gleinstatten	1993-2010	1.4	1993-2005	1.5
3856	Leibnitz	1951-2010	4.9	1961-2005	4.9
1060	Gornja Radgona	1946-2006	62.0	1961-2005	64.9
1070	Petanjci	1956-2007	66.9	1961-2005	66.4
1140	Pristava	1961-2006	0.2	1961-2005	0.2
1220	Polana	1962-2009	0.08	1962-2005	0.08
5035	Goričan			1961-2005	66.7
5044	Mursko Središče			1961-2005	70
5026	Jendrašiček			1961-2005	0.06
360	Letenye	1960-2009	79.4	1961-2005	78.7
364	Tormafölde	1963-2009	0.7	1963-2005	0.7

Die Differenzen der Q95%-Werte, berechnet aus den Tagesmittelwerten für unterschiedliche Zeiträume, variieren zwischen +/- 7 %. In Bild 3.1.4.1 ist ein Längenschnitt des Q95%-Werts auf Tagesmittelwertbasis dargestellt. Der Pegel Graz wurde aufgrund der bereits erwähnten Tatsache der konstanten Ausleitung in der Grafik nicht berücksichtigt.

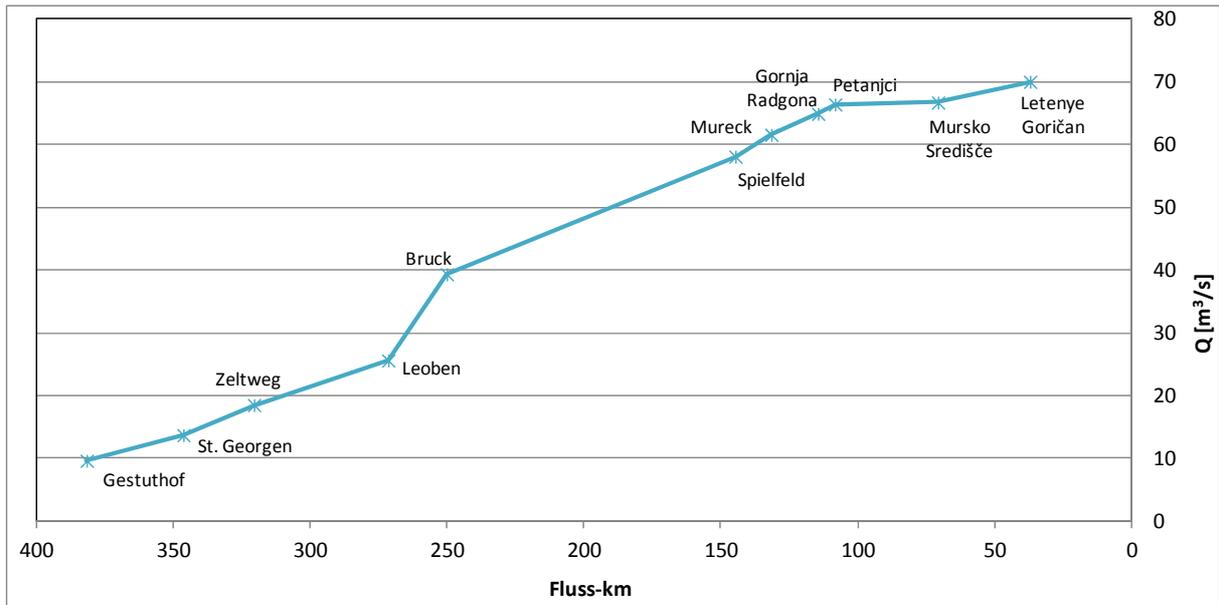


Bild 3.1.4.1: Längenschnitt des Q95%-Werts

### 3.1.5 Korrelationen zwischen den Pegeln

Es wurden Korrelationen für die minimalen, mittleren und maximalen Durchflüsse zwischen allen Pegeln erstellt. Wie aus den Ergebnissen ersichtlich, ist der Korrelationskoeffizient gut und entspricht erwartungsgemäß dem Abstand zwischen den jeweiligen Pegeln (Tabelle 3.1.5.1).

Vergleicht man die Daten  $Q_{\text{Minimal}}$  des ersten österreichischen Pegels (A 2055) mit allen anderen Pegeln, so fällt der Korrelationskoeffizient von 0,96 auf 0,75. Der Korrelationskoeffizient zwischen den österreichischen und den slowenischen Grenzpegeln beträgt 0,97, zwischen den slowenischen und den kroatischen Grenzpegeln beträgt er 0,96, zwischen den kroatischen und ungarischen Grenzpegeln 0,92.

Vergleicht man die Daten  $Q_{\text{Mittel}}$  des ersten österreichischen Pegels mit allen anderen Pegeln, so fällt der Korrelationskoeffizient von 0,99 auf 0,78. Der Korrelationskoeffizient zwischen den österreichischen und den slowenischen Grenzpegeln beträgt 0,99, zwischen den slowenischen und den kroatischen Grenzpegeln beträgt er 0,98, zwischen den kroatischen und ungarischen Grenzpegeln 0,97.

Vergleicht man die Daten  $Q_{\text{Maximal}}$  des ersten österreichischen Pegels mit allen anderen Pegeln, so fällt der Korrelationskoeffizient von 0,99 auf 0,54. Der Korrelationskoeffizient zwischen den österreichischen und den slowenischen Grenzpegeln beträgt 0,98, zwischen den slowenischen und den kroatischen Grenzpegeln beträgt er 0,97, zwischen den kroatischen und ungarischen Grenzpegeln 0,96.

## HYDROLOGISCHE STUDIE DER MUR

Tabelle 3.1.5.1: Korrelationen zwischen den Pegeln

$Q_{min}$	Gestüthof	St. Georgen	Zeltweg	Leoben	Bruck	Graz	Spielfeld	Mureck	G. Radgona	Petanjci	Mursko Sred.	Goričan	Letenye
Gestüthof	1												
St. Georgen	0.958	1											
Zeltweg	0.929	0.965	1										
Leoben	0.940	0.965	0.968	1									
Bruck	0.892	0.915	0.912	0.964	1								
Graz	0.894	0.913	0.917	0.959	0.968	1							
Spielfeld	0.811	0.832	0.822	0.894	0.919	0.943	1						
Mureck	0.812	0.847	0.850	0.909	0.930	0.949	0.969	1					
G. Radgona	0.822	0.841	0.834	0.909	0.915	0.941	0.953	0.974	1				
Petanjci	0.830	0.852	0.838	0.911	0.919	0.947	0.957	0.976	0.981	1			
Mursko Sr.	0.802	0.835	0.821	0.895	0.892	0.911	0.932	0.951	0.957	0.964	1		
Goričan	0.746	0.770	0.807	0.828	0.845	0.864	0.892	0.915	0.902	0.908	0.913	1	
Letenye	0.754	0.772	0.803	0.842	0.844	0.880	0.906	0.953	0.927	0.928	0.929	0.925	1
$Q_{mittel}$	Gestüthof	St. Georgen	Zeltweg	Leoben	Bruck	Graz	Spielfeld	Mureck	G. Radgona	Petanjci	Mursko Sred.	Goričan	Letenye
Gestüthof	1												
St. Georgen	0.994	1											
Zeltweg	0.991	0.994	1										
Leoben	0.980	0.981	0.989	1									
Bruck	0.951	0.952	0.958	0.985	1								
Graz	0.941	0.943	0.951	0.980	0.997	1							
Spielfeld	0.882	0.888	0.893	0.937	0.961	0.972	1						
Mureck	0.875	0.884	0.887	0.928	0.955	0.966	0.997	1					
G. Radgona	0.865	0.872	0.870	0.923	0.939	0.954	0.990	0.995	1				
Petanjci	0.860	0.866	0.862	0.918	0.932	0.949	0.988	0.993	0.997	1			
Mursko Sr.	0.836	0.840	0.840	0.896	0.912	0.927	0.973	0.976	0.977	0.978	1		
Goričan	0.791	0.800	0.809	0.857	0.888	0.905	0.966	0.975	0.965	0.966	0.968	1	
Letenye	0.786	0.790	0.803	0.852	0.879	0.894	0.954	0.971	0.959	0.960	0.962	0.974	1
$Q_{max}$	Gestüthof	St. Georgen	Zeltweg	Leoben	Bruck	Graz	Spielfeld	Mureck	G. Radgona	Petanjci	Mursko Sred.	Goričan	Letenye
Gestüthof	1												
St. Georgen	0.987	1											
Zeltweg	0.977	0.984	1										
Leoben	0.947	0.953	0.970	1									
Bruck	0.908	0.913	0.929	0.955	1								
Graz	0.875	0.886	0.903	0.938	0.985	1							
Spielfeld	0.704	0.709	0.732	0.790	0.825	0.856	1						
Mureck	0.683	0.687	0.714	0.771	0.806	0.835	0.988	1					
G. Radgona	0.644	0.654	0.680	0.736	0.770	0.805	0.971	0.990	1				
Petanjci	0.620	0.630	0.654	0.711	0.748	0.783	0.961	0.980	0.993	1			
Mursko Sr.	0.621	0.630	0.628	0.741	0.761	0.796	0.946	0.957	0.967	0.967	1		
Goričan	0.580	0.591	0.581	0.700	0.729	0.771	0.906	0.919	0.935	0.937	0.970	1	
Letenye	0.573	0.580	0.576	0.690	0.725	0.752	0.897	0.913	0.901	0.904	0.940	0.964	1

### 3.2 Spezifischer Durchfluss

Der spezifische Durchfluss wurde aus den Monatsmittelwerten für jeden der 23 Pegel für den jeweils verfügbaren Zeitraum berechnet und wird in  $\text{m}^3/\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$  angegeben, in den Bildern 3.2.1, 3.2.2 und 3.2.3 ist er in  $\text{l}/\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$  dargestellt.

In Bild 3.2.1 ist der mittlere spezifische Durchfluss für die Pegel an der Mur dargestellt; es ist zu erkennen, dass er erwartungsgemäß entlang des Fluslaufs abnimmt.

Bild 3.2.2 zeigt den minimalen spezifischen Durchfluss für die Pegel an der Mur, wobei wiederum eine Unregelmäßigkeit im Verlauf an den Pegeln Graz, Spielfeld und Mureck festzustellen ist.

In Bild 3.2.3 ist der maximale spezifische Durchfluss für die Pegel an der Mur zu sehen.

HYDROLOGISCHE STUDIE DER MUR

Tabelle 3.2.1: Ergebnisse der Berechnung des spezifischen Durchflusses

Code	Pegel	Stationierung [km]	Einzugsgebiets- fläche [km <sup>2</sup> ]	Q spec mittel [l/s/km <sup>2</sup> ]	Q spec min [l/s/km <sup>2</sup> ]	Q spec max [l/s/km <sup>2</sup> ]
A_2055	Gestüthof/Mur	381.6	1699.0	21.0	1.5	288.4
A_2170	St. Georgen/Mur	346.3	2364.3	19.3	2.2	232.6
A_2400	Zeltweg/Mur	320.5		19.3	2.8	191.6
A_2700	Leoben/Mur	271.5	4587.3	17.3	2.4	183.1
A_3100	Bruck/Mur	250.1	6210.4	17.3	3.0	128.8
A_3397	Graz/Mur	188.3	7046.7	15.2	0.2	166.0
A_3870	Spielfeld/Mur	144.7	9534.8	15.0	0.6	134.2
A_3902	Mureck/Mur	131.6		15.1	0.4	128.1
A_2940	Neuberg/Mürz	Zubringer bei km 250.7	230.0	29.9	1.6	884.1
A_3001	Kindthal/Mürz		726.8	18.9	1.2	284.8
A_3082	Kapfenberg/Mürz		1347.1	16.1	1.3	174.7
A_3670	Voitsberg/Kainach	Zubringer bei km 169.4	210.2	11.5	0.0	654.6
A_3701	Lieboch/Kainach		767.1	12.4	0.5	417.1
A_3791	Gleinstätten/Sulm			16.1	0.5	549.3
A_3856	Leibnitz/Sulm	Zubringer bei km 151.2	1104.1	14.2	0.9	353.2
SI_1060	Gornja Radgona/Mur	114.5	10241.6	15.2	3.2	131.8
SI_1070	Petanjci/Mur	108.3	10382.1	15.4	3.9	130.1
SI_1140	Pristava/Ščavnica	Zubringer bei km 82.8	274.1	8.2	0.1	235.0
SI_1220	Polana/Ledava		223.3	5.4	0.0	360.5
C_5044	Mursko Središće/Mur	70.7	10942.8	15.1	3.4	124.0
C_5035	Goričan/Mur	37.1	13022.3	12.9	3.0	111.1
C_5026	Jendrašiček /Trnava	Zubringer bei km 31	154.8	2.6	0.0	171.9
H_360	Letenye/Mur	37.1	13033	13.7	3.3	121.3
H_364	Tormafölde/Kerka	Zubringer bei km 50.4	978	4.3	0.1	143.5

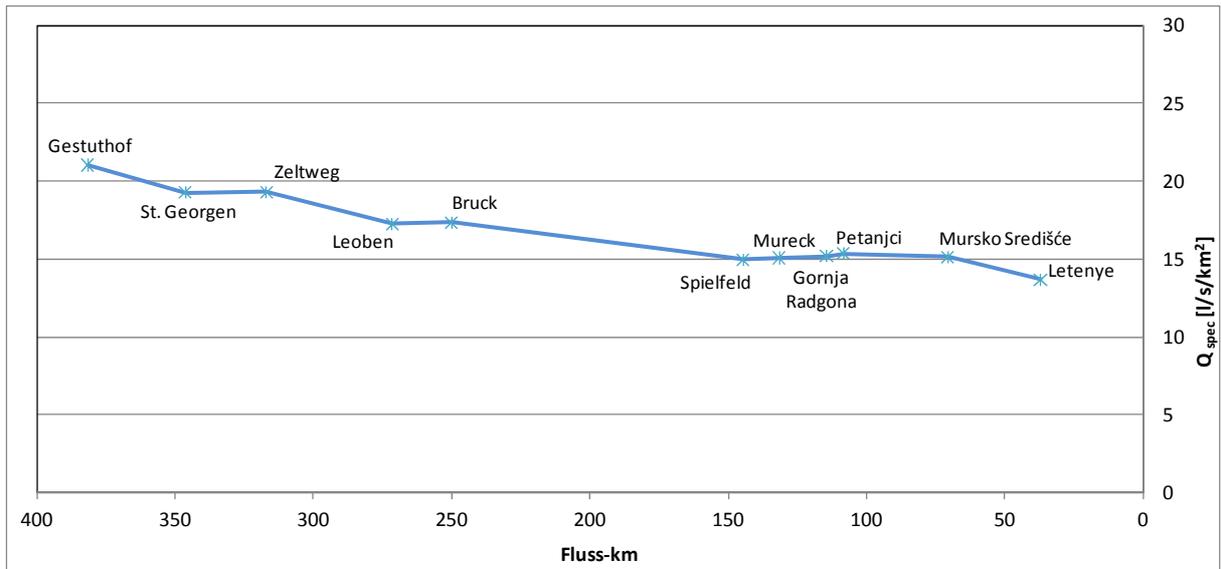


Bild 3.2.1: Mittlerer spezifischer Durchfluss entlang der Mur

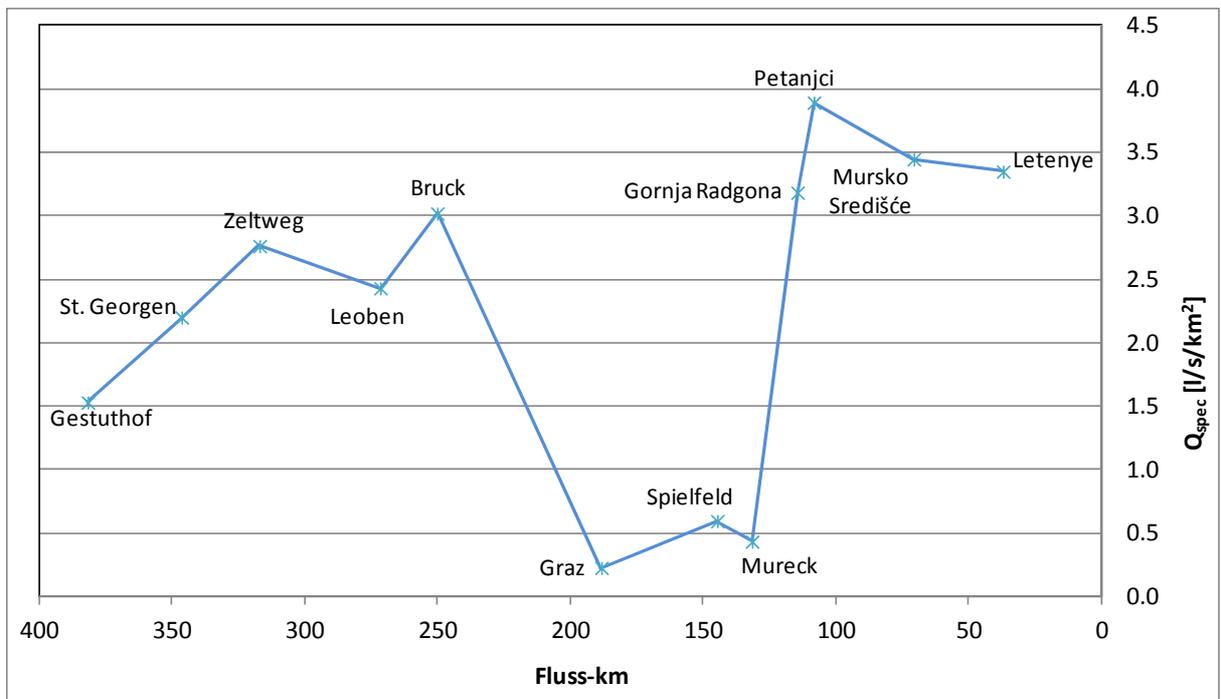


Bild 3.2.2: Minimaler spezifischer Durchfluss entlang der Mur

In Bild 3.2.2 sind die gleichen Probleme zu sehen, die bereits im Kapitel 3.1.4 beschrieben sind. Beim Pegel Graz wird der minimale Durchfluss wie erwähnt von einem rechtsseitigen Mühlkanal beeinflusst, so dass ein Teil des Durchflusses (11 - 12 m<sup>3</sup>/s) den Pegel umgeht. Das gleiche Problem tritt beim Pegel Mureck auf, wo 3 m<sup>3</sup>/s den Pegel umgehen. Extreme Minimalwerte wurden im Zeitraum 1985 und 1987 gemessen, als es noch keinen vorgeschriebenen ökologischen Mindestdurchfluss gab (biologisches Minimum). Außerdem gab es in den 1970er und 1980er Jahren Probleme wegen nichtabgestimmter Daten; diese mussten erneut abgestimmt werden.

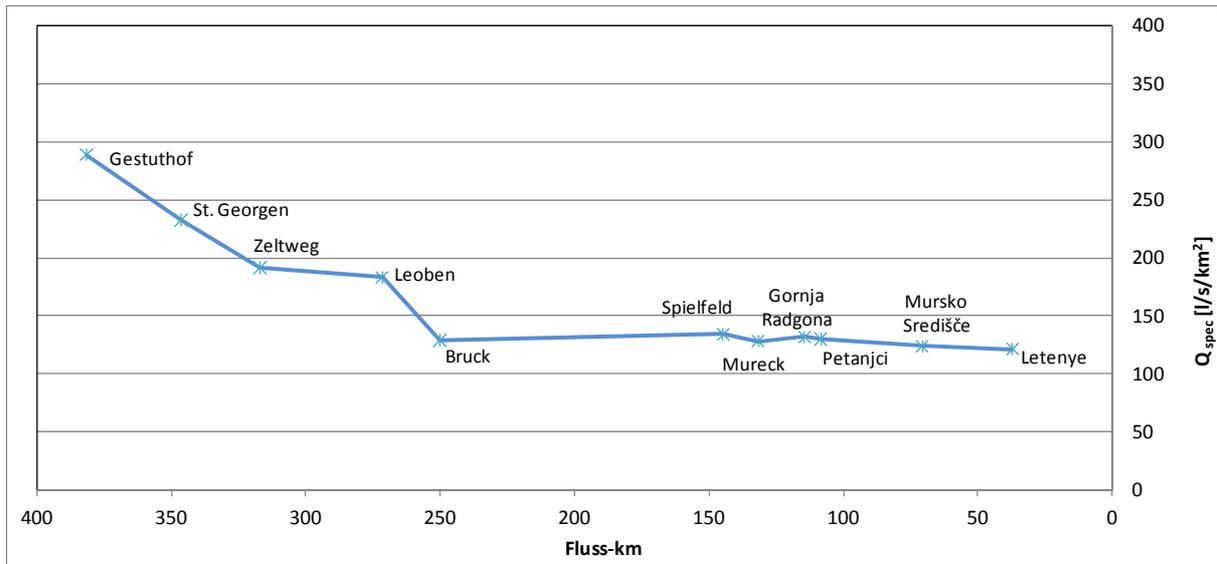


Bild 3.2.3: Maximaler spezifischer Durchfluss entlang der Mur

In Bild 3.2.4 sind die mittleren spezifischen Durchflüsse an den Zubringern zur Mur dargestellt. Die Werte nehmen entlang des Flusslaufs der Mur ab.

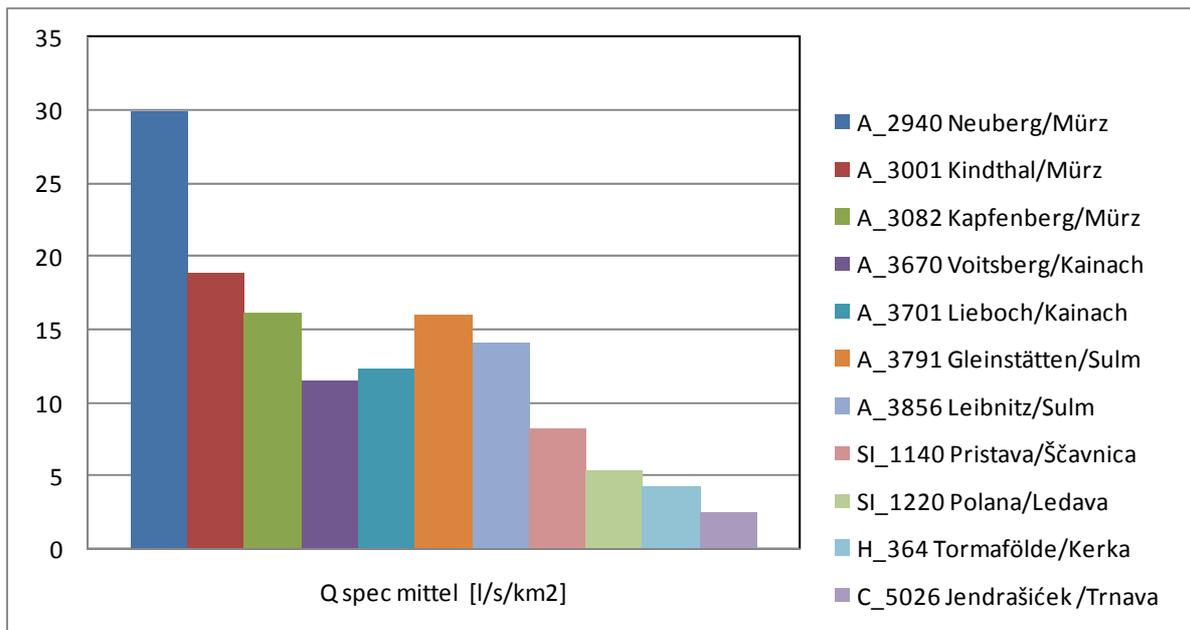


Bild 3.2.4: Mittlere spezifische Durchflüsse an den Zubringern der Mur

### 3.3 Homogenität und Trends

Die Analyse der Homogenität und der Trends wurde aufgrund der mittleren Jahresdurchflüsse erstellt. Es wurde eine Analyse der linearen und der nichtlinearen Trends durchgeführt.

#### 3.3.1 Analyse der Datenhomogenität

Für eine Analyse der Homogenität der hydrologischen Daten (mittlere Jahresdurchflüsse) wurde der Studentsche T-Test zusammen mit Fishers F-Test durchgeführt. Mithilfe des Studentschen T-Tests werden die Differenzen der Mittelwerte zweier Datenreihen getestet. Das Verhalten bzw. die Stabilität des Mittelwerts ist ein guter Indikator für die Stationarität und Homogenität der Datenreihe. Damit die Art des T-Tests richtig gewählt wird (ausgehend von der Gleichheit der Varianzen oder ausgehend von einer Unterschiedlichkeit der Varianzen), ist es empfehlenswert, zuvor die Varianzgleichheit zu testen, was mithilfe des F-Tests erfolgt. Alle Tests wurden für die 5% - Vertrauensgrenze durchgeführt. Für beide Tests wurden die Datenreihen ausgewählter Pegel an der Mur (Tabelle 3.3.1.1) in zwei ungefähr gleich lange Unterreihen aufgeteilt. Bei einigen Datenreihen (Pegeln) wurden die Tests auch mit anders aufgeteilten Datenreihen durchgeführt: trockener - feuchter Zeitraum bzw. Aufteilung der Daten in den Zeitraum bis 1971 und die Zeit danach. Zur Aufteilung der Daten in einen trockenen und einen feuchten Zeitraum wurden bei einigen Pegeln zusätzliche statistische Analysen durchgeführt, die eine Bestimmung der Periodizität ermöglichen (Vergleich der 5-jährigen gleitenden mittleren Durchflüsse und des langjährigen mittleren Durchflusses sowie Analyse der kumulativen Summen des Verhältnisses zwischen dem standardisierten Durchfluss und dem Variationskoeffizienten).

Tabelle 3.3.1.1: Errechnete Parameter des F-Tests und des T-Tests für ausgewählte Pegel

Code	Pegel	F-Test		T-Test	
		F	p	t	p
A_2055	Gestüthof/Mur	3.008	<b>0.007</b>	0.832	0.411
A_3397	Graz/Mur	2.166	<b>0.046</b>	0.281	0.781
A_3870	Spielfeld/Mur	2.249	<b>0.043</b>	-0.678	0.505
A_3902	Mureck/Mur	1.305	0.292	-0.246	0.807
SI_1060	Gornja Radgona/Mur	2.098	<b>0.046</b>	1.164	0.252
SI_1070	Petanjci/Mur	2.010	0.056	-0.015	0.988
C_5044	Mursko Središće/Mur	2.750	<b>0.011</b>	1.207	0.236
C_5035	Goričan/Mur	2.320	<b>0.028</b>	0.322	0.749
H_360	Letenye/Mur	2.740	<b>0.011</b>	2.002	<b>0.053</b>

Tabelle 3.3.1.2.: Ergebnisse des F-Tests und des T-Tests für ausgewählte Pegel ( $H_0$  – angenommene Nullhypothese;  $H_a$  – angenommene alternative Hypothese)

Code	Pegel	F-Test	T-Test
A_2055	Gestüthof/Mur	$H_a$	$H_0$
A_3397	Graz/Mur	$H_a$	$H_0$
A_3870	Spielfeld/Mur	$H_a$	$H_0$
A_3902	Mureck/Mur	$H_0$	$H_0$
SI_1060	Gornja Radgona/Mur	$H_a$	$H_0$
SI_1070	Petanjci/Mur	$H_0$	$H_0$
C_5044	Mursko Središće/Mur	$H_a$	$H_0$
C_5035	Goričan/Mur	$H_a$	$H_0$
H_360	Letenye/Mur	$H_a$	$H_0$ oder $H_a$

Die vorangegangenen F-Tests der Varianzgleichheit haben für die Pegel Gestüthof, Graz, Spielfeld, Gornja Radgona, Mursko Središće, Goričan und Letenye gezeigt, dass die Nullhypothese ( $H_0$ ) der Varianzgleichheit zu verwerfen bzw. die alternative Hypothese ( $H_a$ ), wonach die Varianzen der Unterreihen statistisch verschieden sind ( $p < 0,05$ ), anzunehmen ist (Tabelle 3.3.1.2). Für diese Pegel wurde anschließend der T-Test unter Annahme der Verschiedenheit der Varianzen gewählt. Für die Pegel Mureck und Petanjci konnte die Nullhypothese ( $H_0$ ) der Varianzgleichheit nicht widerlegt werden, weshalb für diese zwei Pegel der T-Test unter Annahme der Varianzgleichheit gewählt wurde.

Die Ergebnisse des T-Tests sind in Tabelle 3.3.1.1 angegeben. Der T-Test hat für alle Pegel gezeigt, dass die Mittelwerte der Unterreihen statistisch nicht signifikant verschieden sind ( $p > 0,05$ ) bzw. dass die Daten der mittleren Jahresdurchflüsse homogen sind. Da der p-Wert beim Pegel Letenye nahe 5 % lag, wurden die Daten dieses Pegels näher analysiert. Die Daten wurden außerdem in einen trockenen und einen feuchten Zeitraum aufgeteilt. Die Analyse der kumulativen Summen des Verhältnisses zwischen dem standardisierten Durchfluss und dem Variationskoeffizienten hat gezeigt, dass das Jahr 1975 das Grenzjahr zwischen nassem und trockenem Zeitraum darstellt. Der T-Test für die auf diese Weise aufgeteilte Datenreihe hat ergeben, dass die Mittelwerte dieser Unterreihen statistisch signifikant verschieden sind ( $p = 0,019$ ) bzw. dass die Daten keine Homogenität aufweisen. Die Aufteilung in den Zeitraum vor dem Jahr 1971 und den Zeitraum danach hat wiederum eine Homogenität gezeigt, jedoch an der Grenze der Akzeptabilität ( $p = 0,084$ ).

Angesichts der durchgeführten statistischen Analysen und Tests kann man sagen, dass die Daten aller Pegel statistisch signifikant homogen sind. Eine Ausnahme bildet der Pegel Letenye, wo die Tests auf Inhomogenität hinweisen.

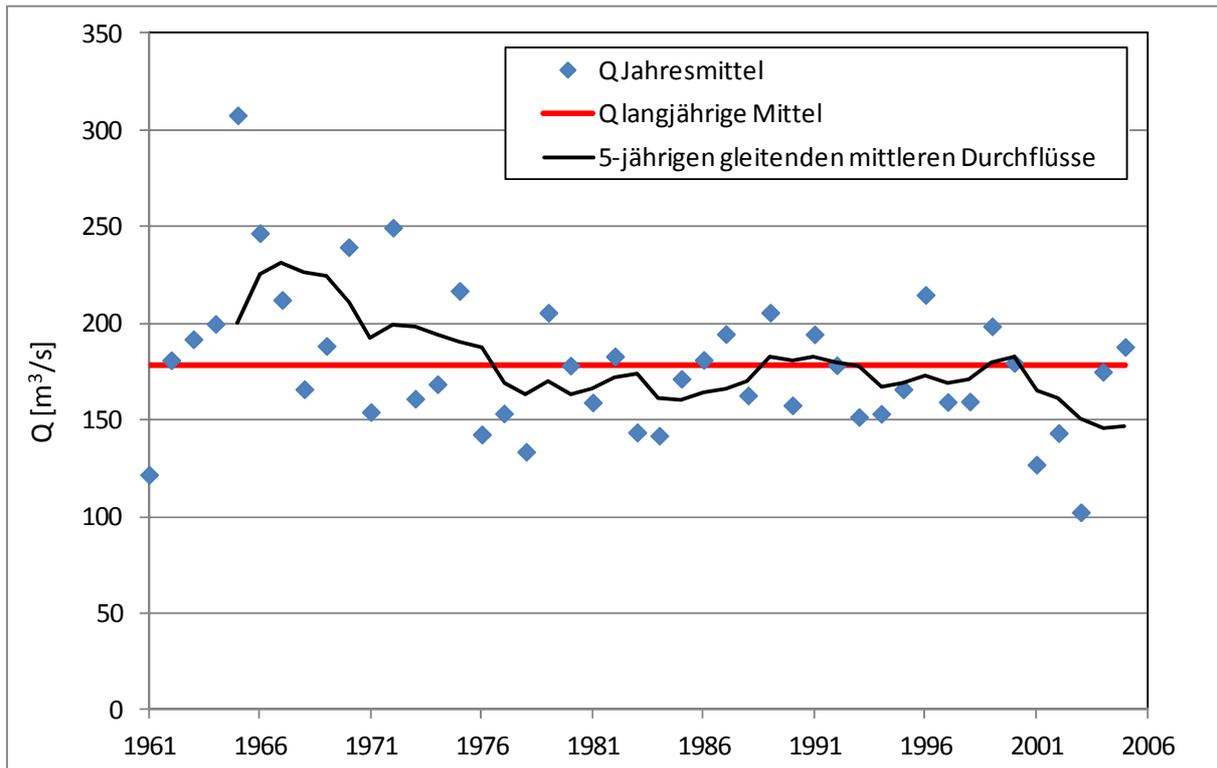


Bild 3.3.1.1: Analyse der Periodizität der mittleren Jahresdurchflüsse für den Pegel Letenye

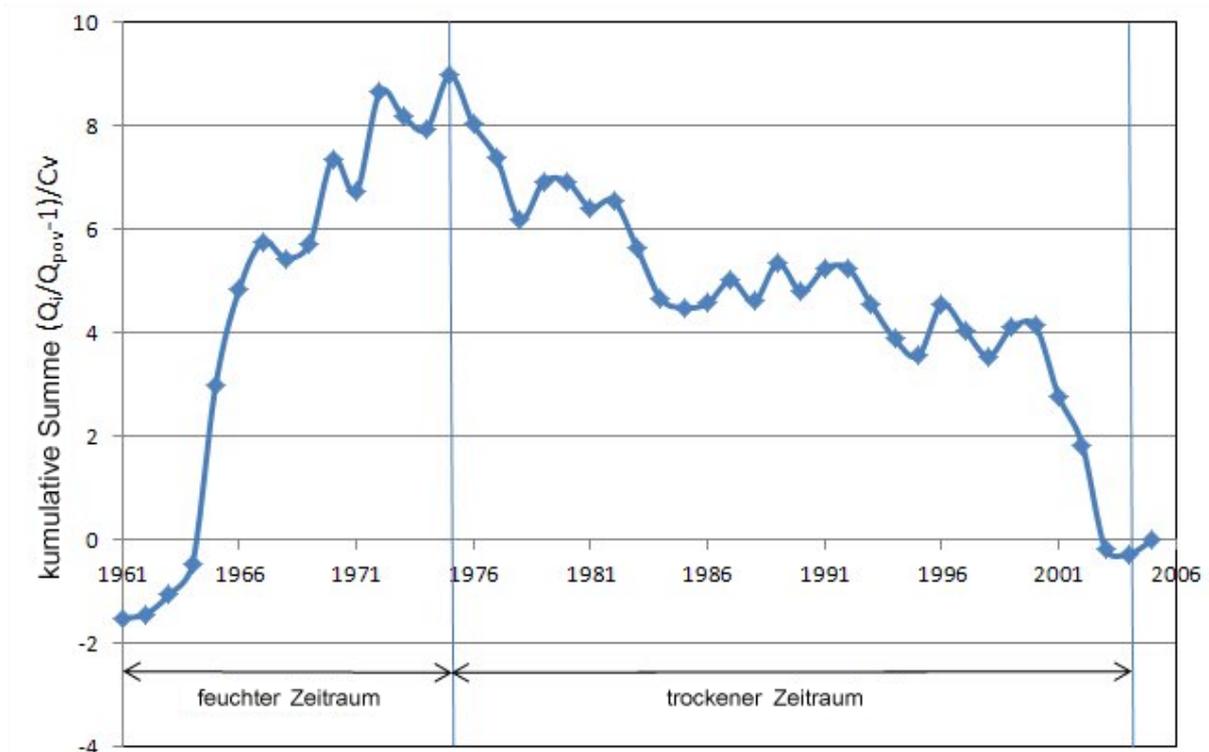


Bild 3.3.1.2: Analyse der kumulativen Summen des Verhältnisses zwischen dem standardisierten Durchfluss und dem Variationskoeffizienten für den Pegel Letenye.

### 3.3.2 Lineare Trends

Die Trends wurden für alle Pegel für den mittleren Durchfluss berechnet. In Tabelle 3.3.2.1 sind die negativen Trends rot, die positiven schwarz angegeben.

Die Trends im nördlichen Bereich des Einzugsgebiets sind bei den Pegeln A 2400 Zeltweg, A 3100 Bruck, A 2940 Neuberg, A 3001 Kindthal und A 3082 Kapfenberg positiv. Die Pegel A 2055 Gestüthof, A 2170 St. Georgen (beide Nordwesten) und A 2700 Leoben (Norden) weisen einen negativen Trend auf.

Im Mittellauf der Mur zeigen die Pegel A 3397 Graz, A 3870 Spielfeld, A 3902 Mureck, und A 3670 Voitsberg einen positiven Trend.

An der Mürz zeigt sich an allen betrachteten Pegeln ein positiver Trend, während die beiden Pegel an der Sulm (Gleinstätten, Leibnitz) einen negativen Trend aufweisen.

An der Kainach tritt am Pegel Voitsberg ein positiver Trend und am Pegel Lieboch ein negativer Trend auf.

Im südlichen Bereich des Einzugsgebiets, flussabwärts der österreichisch-slowenischen Grenze, sind die Trends der Durchflüsse wie auch der Niederschläge negativ.

Tabelle 3.3.2.1: Trendfunktion für die mittleren Durchflüsse (rot = negativ; schwarz = positiv)

Code	Stationsname	Zeitraum	Trendfunktion	R <sup>2</sup>	P
2055	Gestüthof/Mur	1961-2005	$y = -0.06x + 37.1$	0.02	0.415
2170	St. Georgen/Mur	1961-2005	$y = -0.02x + 46.1$	0.001	0.810
2400	Zeltweg/Mur	1977-2005	$y = 0.077x + 55.97$	0.01	0.588
2700	Leoben/Mur	1961-2005	$y = -0.21x + 83.9$	0.04	0.211
3100	Bruck/Mur	1967-2005	$y = 0.05x + 106.6$	0.001	0.846
3397	Graz/Mur	1966-2005	$y = -0.0991x + 108.96$	0.003	0.722
3870	Spielfeld/Mur	1968-2005	$y = 0.26x + 137.8$	0.013	0.504
3902	Mureck/Mur	1974-2005	$y = 0.10x + 145.6$	0.002	0.812
2940	Neuberg/Mürz	1961-2005	$y = 0.011x + 6.63$	0.013	0.458
3001	Kindthal/Mürz	1966-2005	$y = 0.0004x + 13.7$	2E-06	0.992
3082	Kapfenberg/Mürz	1971-2005	$y = 0.107x + 19.81$	0.07	0.136
3670	Voitsberg/Kainach	1966-2005	$y = 0.011x + 2.18$	0.02	0.670
3701	Lieboch/Kainach	1961-2005	$y = -0.06x + 10.76$	0.06	0.108
3791	Gleinstätten/Sulm	1993-2005	$y = -0.06x + 4.68$	0.03	0.576
3856	Leibnitz/Sulm	1961-2005	$y = -0.09x + 17.81$	0.07	0.0710
1060	Gornja Radgona/Mur	1961-2005	$y = -0.44x + 165.8$	0.04	0.182
1070	Petanjci/Mur	1961-2005	$y = -0.47x + 170.3$	0.05	0.161
1140	Pristava/Ščavnica	1961-2005	$y = -0.04x + 3.1$	0.22	0.00102
1220	Polana/Ledava	1961-2005	$y = -0.02x + 1.7$	0.23	0.00078
5044	Mursko Središće/Mur	1961-2005	$y = -0.62x + 179.8$	0.06	0.098
5035	Goričan/Mur	1961-2005	$y = -0.097x + 170.2$	0.001	0.804
5026	Jendrašiček /Trnava	1961-2005	$y = -0.004x + 0.487$	0.07	0.0888
360	Letenye/Mur	1961-2005	$y = -0.996x + 200.97$	0.12	0.01807
364	Tormafölde/Kerka	1963-2005	$y = -0.045x + 5.2$	0.12	0.0209

Statistisch signifikante Trends sind entsprechend dem Signifikanzniveau diejenigen Trends, bei denen  $P < 0,05$  ist (Tabelle 3.3.2.1). Dies betrifft die vier Pegel SI1140 Pristava – Zufluss Ščavnica, SI1220 Polana – Zufluss Ledava, H360 Letenye – Mur und H364 Tormafölde – Zufluss Kerka (kürzere Datenreihe).

Zusammenfassend ist zu sagen, dass sich an der Mur in Bezug auf den mittleren Durchfluss nur ein einziger Pegel mit statistisch signifikantem negativem Trend befindet, und zwar der südlichste Pegel Letenye; kein Pegel weist einen statistisch signifikanten positiven Trend auf.

Die Diagramme der mittleren Jahresdurchflüsse mit linearen Trends sind für jeden Pegel im Annex VI in den Bildern 1.1 bis 1.24 dargestellt.

### 3.3.3 Nichtlineare Trends

Nichtlineare Trends wurden aufgrund der normalisierten Durchflussdaten analysiert. Die Daten wurden ähnlich wie die Niederschlagsdaten im Kapitel 2.1.2 normalisiert. Die mittleren Durchflüsse der einzelnen Jahre wurden durch den

Mittelwert des Zeitraums 1961 - 1990 dividiert (Gleichung 3.3.3.1), anschließend wurden die nichtlinearen Trends aufgrund des zehnjährigen gleitenden Mittelwerts bestimmt.

$$q = Q / \text{AVERAGE}(Q(1961-1990)) \quad (3.3.3.1)$$

$$Q(i) = \text{AVERAGE}(Q(i-9, i)) \quad (3.3.3.2)$$

Die auf diese Weise normalisierten Daten können in einem einzigen Diagramm für mehrere Stationen gleichzeitig dargestellt werden. Im selben Diagramm können auch die normalisierten Niederschlagsdaten dargestellt werden.

Die Diagramme der nichtlinearen Trends für den jeweiligen Pegel sind im Annex VI in den Bildern 2.1 bis 2.24 dargestellt.

Das Bild 3.3.3.1 zeigt einen Vergleich der Homogenität der Durchflussausgewählter Stationen: der Verlauf ist ähnlich.

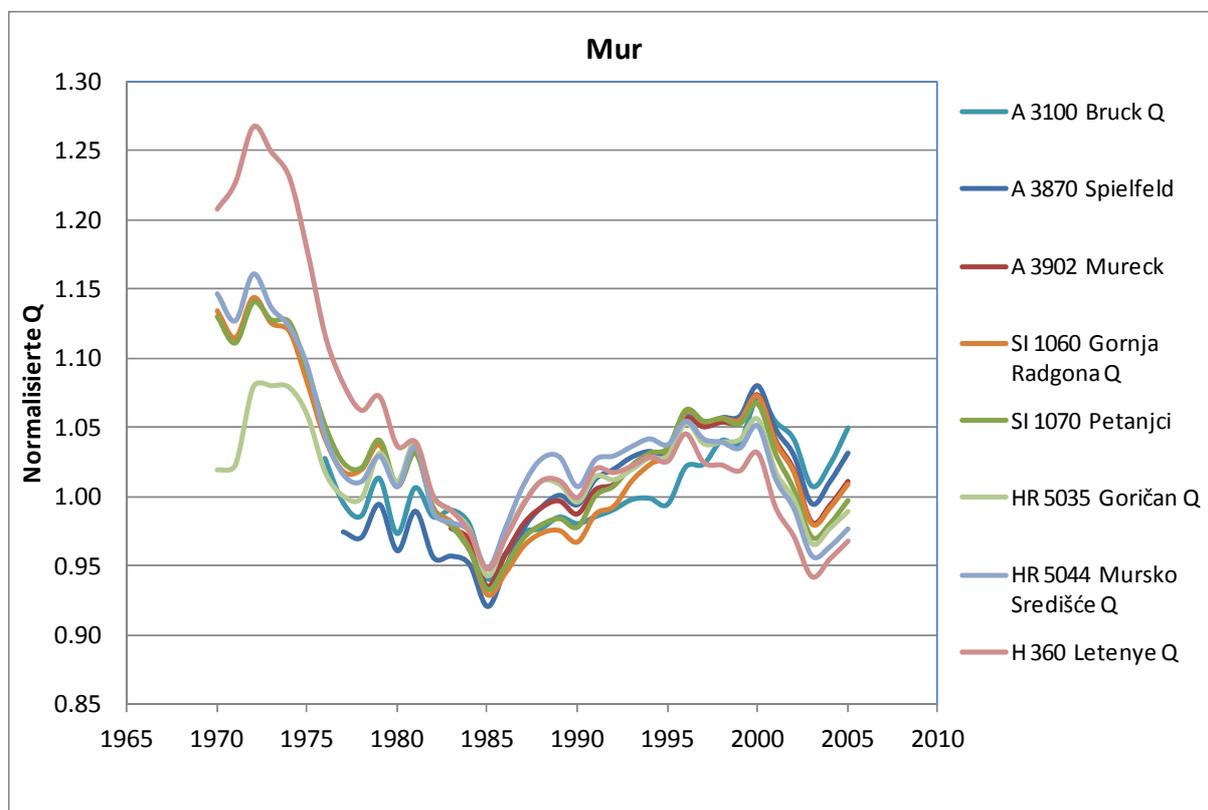


Bild 3.3.3.1: Homogenität der gewählten Pegel mit Durchflussdaten

Das Flussregime der Mur steht unter dem Einfluss des alpinen Teils ihres Einzugsgebiets, was aus dem Bild 3.3.3.1 ersichtlich ist; diese Trends halten bis zur Mündung in die Drau an (wegen der großen spezifischen Durchflüsse im Oberlauf).

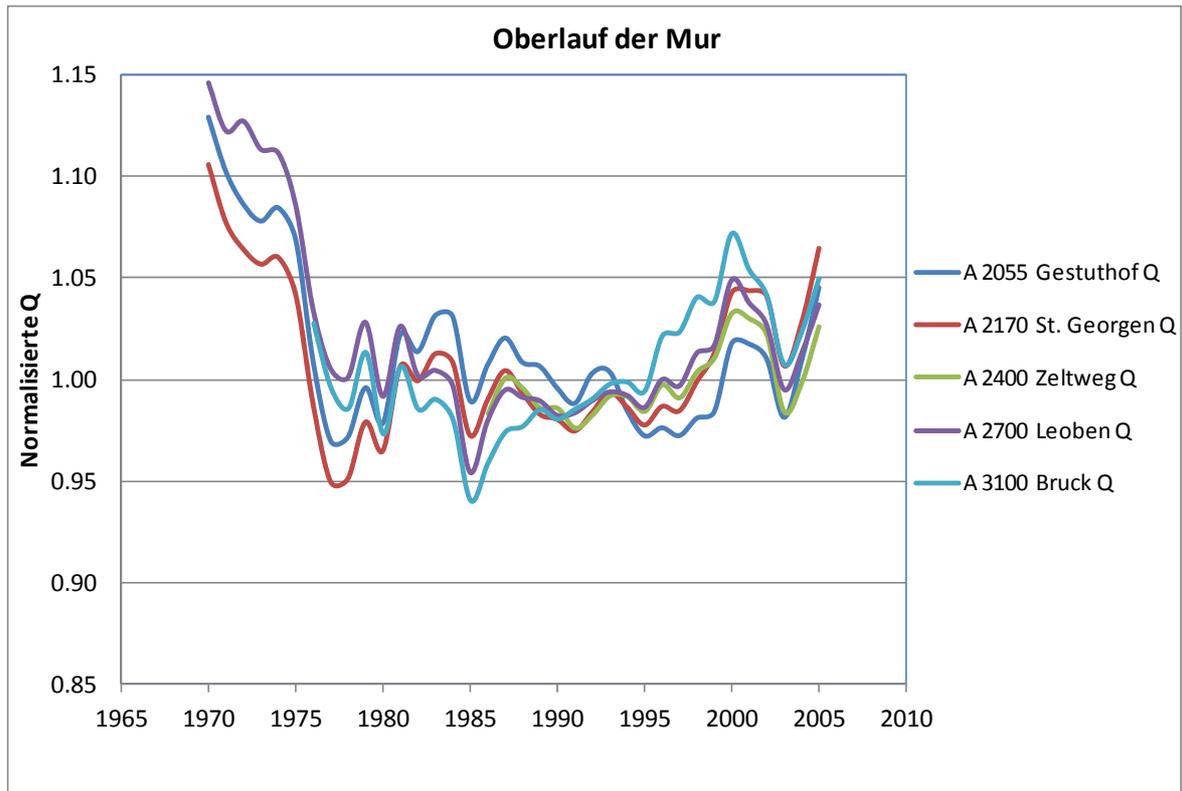


Bild 3.3.3.2: Homogenisierte Durchflussdaten für den Oberlauf der Mur

Signifikant ist der beobachtete Anstieg in den letzten fünf Jahren bei allen Daten (Bilder 3.3.3.1 und 3.3.3.2).

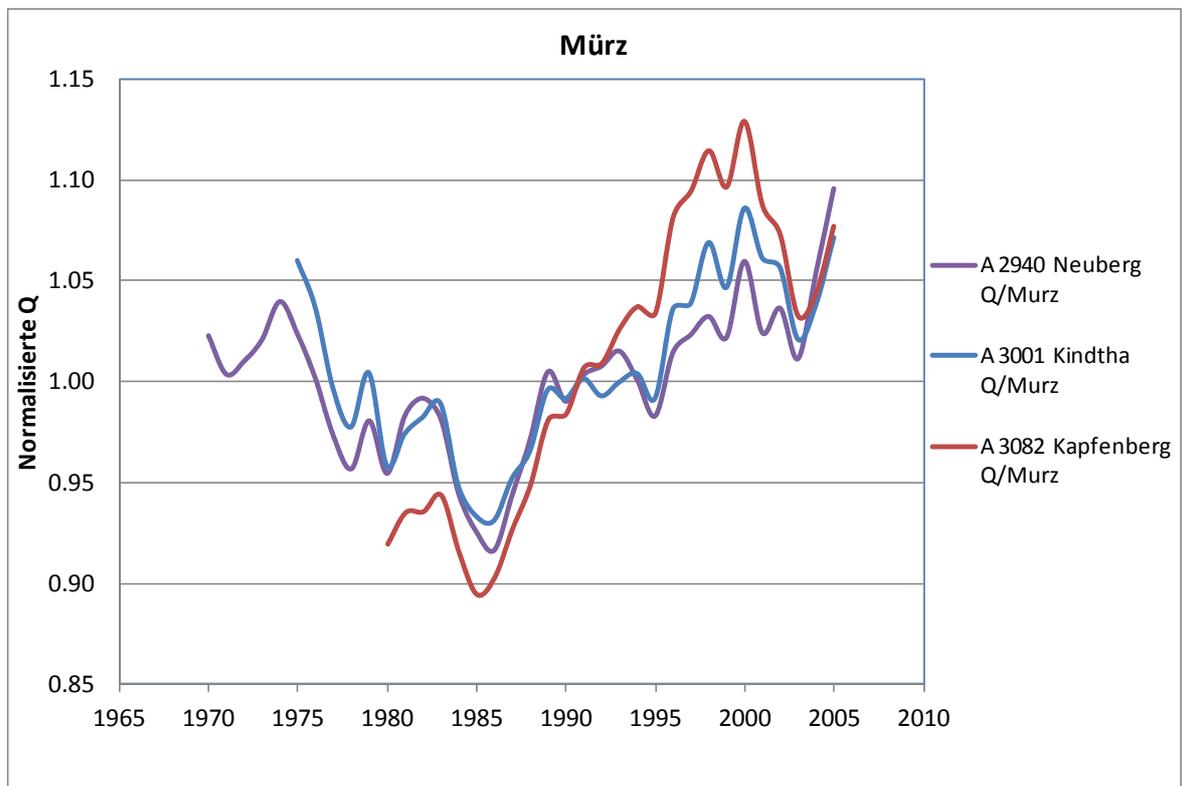


Bild 3.3.3.3: Homogenisierte Durchflussdaten für die Mürz

Das Durchflussregime der Murzubringer unterscheidet sich relativ stark von dem der Mur selbst, lediglich die Mürz zeigt ein mit der Mur vergleichbares Regime (Bild 3.3.3.3). Die Regime der Sulm und der Kainach variieren stärker als das der Mur (Bild 3.3.3.4), die Kerka, Ščavnica, Ledava und Trnava zeigen die stärksten Varianzen (Bild 3.3.3.5). Die Zubringer des mittleren Abschnitts der Mur (Sulm und Kainach) zeigen ein untereinander ähnliches Regime. Abweichungen vom Regime der Mur sind vor allem in den letzten fünf Jahren zu bemerken, in denen bei den Zubringern kein ausgeprägter Anstieg der Durchflüsse festzustellen war. Vergleichbar zum Regime der Durchflüsse der Zubringer zeigen sich die entsprechenden Niederschlagsdaten.

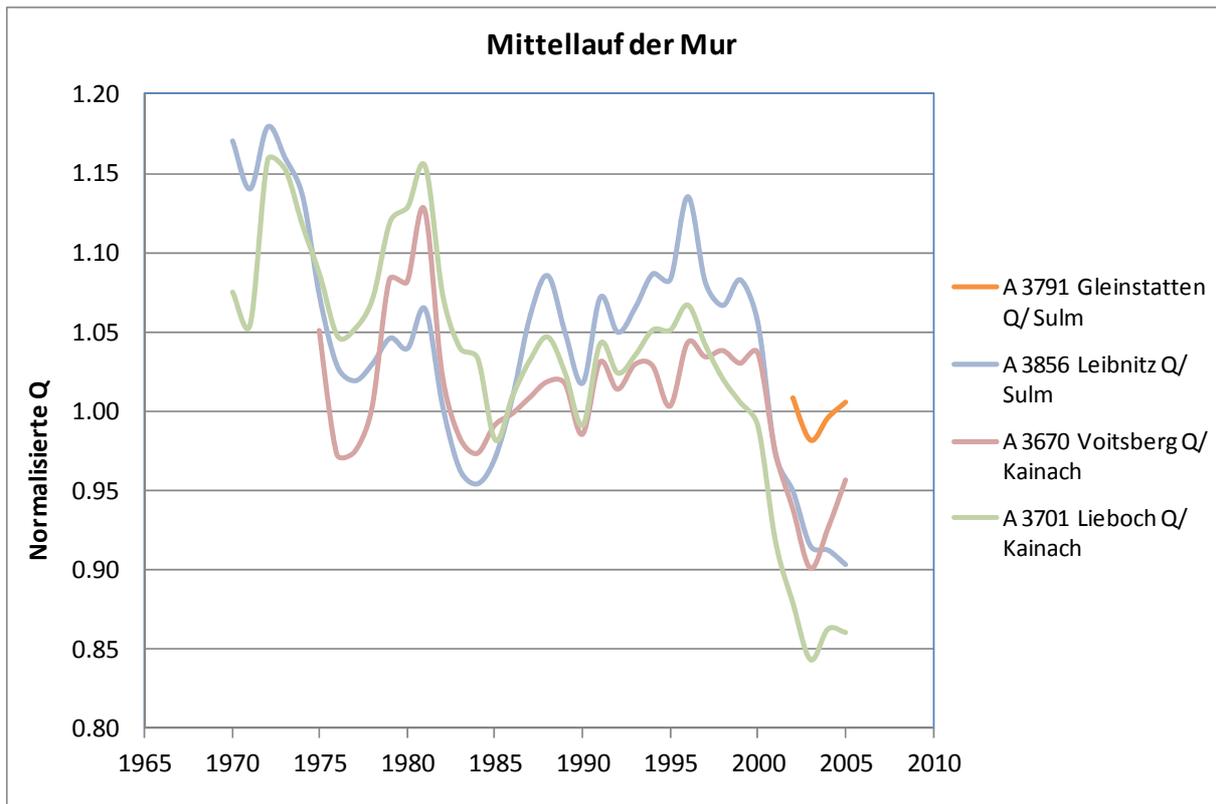


Bild 3.3.3.4: Homogenisierte Durchflussdaten für den Mittellauf der Mur mit Zubringern

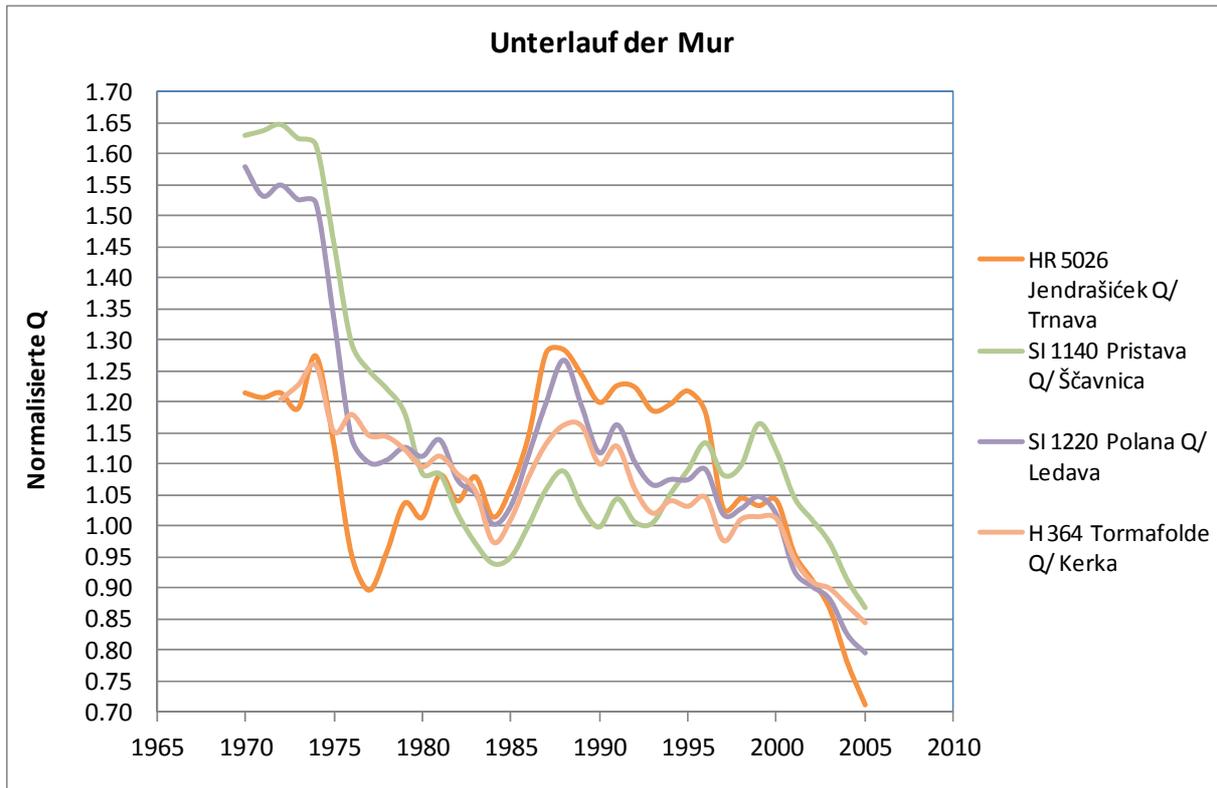


Bild 3.3.3.5: Homogenisierte Durchflussdaten für den Unterlauf der Mur mit Zubringern

Die Besonderheiten der Regime im Unterlauf der Mur (Bild 3.3.3.5) sind noch ausgeprägter als im Mittellauf (Bild 3.3.3.4). Die an den Zubringern gemessenen Durchflüsse weisen deutlich größere Schwankungen in den einzelnen Jahren mit einem signifikanten negativen Trend in den letzten Jahren auf.

Die Diagramme der nichtlinearen Durchfluss- und Niederschlagstrends bestätigen die Aufteilung des Einzugsgebiets in Ober-, Mittel- und Unterlauf.

### 3.4 Hochwasserstatistik

Die Analysen basieren auf den monatlichen Maxima der Durchflüsse. Die theoretischen Hochwässer mit den Wiederkehrperioden 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 300, 500 und 1000 Jahre mit einer Vertrauensgrenze von 95% wurden mit folgenden drei Verteilungen geschätzt: Log Pearson Typ III, Log Normal und Pearson Typ III. Verwendet wurde die Software HEC-SSP 1.1 (Hydrologic Engineering Center of US Army Corps of Engineers), die Analysen aufgrund der *Guidelines for determining flood flow frequency* (1982) ermöglicht. Eingehendere Berichte und Ausdrücke befinden sich in Annex II.

Der Kolmogorow-Smirnow-Test (KS-Test) wurde zur Bestimmung der Adäquanz (bei einer bestimmten Vertrauensgrenze) und als Hilfe bei der Auswahl der adäquatesten Verteilung verwendet. Der KS-Test vergleicht zwei Verteilungen mathematisch miteinander und bestimmt den statistisch relevanten Unterschied zwischen den beiden Verteilungen. Die Adäquanz des Tests wird als Entfernung zwischen den Daten in der theoretischen Verteilung im Vergleich zur Entfernung bis zum Grenzwert (kritischer Wert) gemessen. Der Grenzwert ist von der Größe der Stichprobe und dem Relevanzgrad abhängig. Die am häufigsten verwendeten Grenzen sind 0,05 und 0,01.

### 3.4.1 Mit verschiedenen Verteilungen geschätzte theoretische Hochwässer

Tabelle 3.4.1.1: Mit verschiedenen Verteilungen geschätzte theoretische Hochwässer für 12 Pegel

Code	ÖSTEREICH											
Hydrologische Station	2055	2170	2400	2700	3100	3397	3870	3902	2940	3001	3082	3670
	Gestüthof/Mur	St. Georgen/Mur	Zeltweg/Mur	Leoben/Mur	Bruck/Mur	Graz/Mur	Spielfeld/Mur	Mureck/Mur	Neuberg/Mürz	Kindthal/Mürz	Kapfenberg/Mürz	Voitsberg/Kainach
	17B LogPearsonIII	17B LogPearsonIII										
Q <sub>1000</sub>	811.0	872.9	809.6	1106.8	1190.5	1716.9	2064.4	1797.3	334.7	358.7	462.6	232.1
Q <sub>500</sub>	736.3	806.7	752.1	1023.0	1130.2	1560.4	1963.9	1712.5	299.7	324.6	417.4	223.1
Q <sub>300</sub>	683.3	758.2	710.6	962.5	1083.8	1449.5	1884.2	1645.8	275.2	300.6	385.7	215.2
Q <sub>100</sub>	573.9	654.5	622.6	834.0	979.8	1220.2	1701.8	1494.0	225.6	251.5	321.0	196.1
Q <sub>50</sub>	508.1	588.9	567.9	754.2	909.3	1082.3	1573.9	1388.5	196.5	222.4	282.8	181.2
Q <sub>30</sub>	460.9	540.3	527.9	695.6	854.3	983.4	1471.9	1304.8	176.0	201.7	255.7	168.4
Q <sub>20</sub>	423.8	501.3	495.8	648.7	808.7	905.7	1386.3	1234.5	160.1	185.5	234.5	157.4
Q <sub>10</sub>	361.3	433.3	440.3	567.7	724.7	774.6	1226.1	1103.5	133.8	158.4	199.3	135.7
Q <sub>5</sub>	298.3	361.9	382.2	483.1	630.3	642.4	1042.9	953.5	108.0	131.4	164.4	109.8
Q <sub>3</sub>	250.1	304.9	335.8	415.9	549.3	540.9	884.2	823.1	88.7	110.9	137.9	86.9
Q <sub>2</sub>	208.0	253.7	293.7	355.3	472.1	452.3	733.5	697.9	72.4	93.2	115.1	65.5
	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal
Q <sub>1000</sub>	775.6	952.0	765.2	1095.9	1418.9	1624.6	2904.7	2336.1	310.5	324.1	418.4	567.6
Q <sub>500</sub>	708.9	868.8	716.8	1014.5	1313.8	1488.8	2635.5	2145.6	281.2	297.8	383.2	485.7
Q <sub>300</sub>	661.0	809.2	681.4	955.4	1237.6	1391.1	2443.6	2008.4	260.3	278.8	358.0	430.3
Q <sub>100</sub>	561.0	684.8	604.9	829.8	1075.4	1186.2	2046.2	1719.6	217.1	238.9	305.0	323.8
Q <sub>50</sub>	499.7	608.8	556.2	751.4	974.1	1060.3	1805.7	1541.5	191.1	214.2	272.5	265.1
Q <sub>30</sub>	455.3	553.9	519.9	693.7	899.6	968.7	1632.9	1411.6	172.4	196.2	248.8	225.6
Q <sub>20</sub>	420.1	510.4	490.4	647.5	839.8	896.0	1496.9	1308.3	157.8	181.9	230.1	196.3
Q <sub>10</sub>	360.1	436.4	438.5	567.3	736.1	771.5	1267.2	1130.9	133.1	157.3	198.0	150.3
Q <sub>5</sub>	298.8	361.0	383.0	483.3	627.5	643.7	1035.6	947.9	108.3	131.9	165.0	108.8
Q <sub>3</sub>	251.1	302.5	337.6	416.3	540.7	543.7	858.1	804.2	89.4	112.0	139.3	80.5
Q <sub>2</sub>	209.1	251.1	295.6	355.7	462.3	455.2	704.0	676.3	73.0	94.3	116.5	58.6
	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson
Q <sub>1000</sub>	660.5	755.4	745.1	1013.4	1069.5	1445.0	1798.8	1627.4	272.2	283.2	343.9	282.6
Q <sub>500</sub>	619.4	711.6	703.3	951.8	1025.0	1351.8	1724.0	1559.6	252.7	266.1	324.4	261.8
Q <sub>300</sub>	589.0	679.1	672.3	906.4	991.0	1283.2	1666.5	1507.7	238.5	253.5	309.8	246.5
Q <sub>100</sub>	520.0	604.8	602.3	803.6	912.2	1127.9	1532.3	1387.0	206.3	224.8	276.6	211.9
Q <sub>50</sub>	474.8	555.7	556.5	736.6	858.1	1027.0	1439.0	1303.8	185.6	206.0	254.5	189.4
Q <sub>30</sub>	440.5	518.2	521.8	685.9	815.5	950.8	1364.7	1237.9	170.1	191.6	237.6	172.5
Q <sub>20</sub>	411.9	486.6	492.9	643.7	779.0	887.4	1300.8	1181.4	157.2	179.6	223.4	158.5
Q <sub>10</sub>	360.7	429.6	441.3	568.7	710.8	774.8	1179.9	1075.2	134.7	158.2	197.7	133.7
Q <sub>5</sub>	304.5	366.1	384.9	486.9	630.6	652.7	1035.7	949.7	110.5	134.5	168.9	106.9
Q <sub>3</sub>	257.9	312.3	338.4	419.8	558.4	552.9	903.7	835.9	91.2	114.8	144.4	85.1
Q <sub>2</sub>	213.9	260.4	294.6	357.0	484.7	459.9	766.7	718.9	73.6	96.1	120.6	65.0

HYDROLOGISCHE STUDIE DER MUR

Tabelle 3.4.1.2: Mit verschiedenen Verteilungen geschätzte theoretische Hochwässer für weitere 12 Pegel

Code	ÖSTEREICH 3701	3791	3856	SLOWENIEN 1060	1070	1140	1220	KROATIEN 5044	5035	5026	UNGARN 360	364
Hydrologische Station	Lieboch/Kainach	Gleinstätten/Sulm	Leibnitz/Sulm	Gornja Radgona/Mura	Petanjci/Mura	Pristava/Ščavnica	Polana/Ledava	Mursko Središče/Mura	Gončan/Mura	Jendrašiček /Trnava	Letenye/Mura	Tormafölde/Kerka
	17B LogPearsonIII	17B LogPearsonIII	17B LogPearsonIII	17B LogPearsonIII	17B LogPearsonIII	17B LogPearsonIII	17B LogPearsonIII	17B LogPearsonIII	17B LogPearsonIII	17B LogPearsonIII	17B LogPearsonIII	17B LogPearsonIII
Q <sub>1000</sub>	585.0	213.3	554.7	1875.2	2082.5	81.8	145.2	2076.5	1966.8	63.4	1995.8	207.4
Q <sub>500</sub>	539.6	207.1	529.2	1783.4	1968.5	77.8	131.6	1947.4	1849.6	54.5	1875.1	195.8
Q <sub>300</sub>	505.2	201.6	509.1	1711.4	1880.1	74.7	121.7	1849.5	1760.0	48.2	1783.3	186.6
Q <sub>100</sub>	430.7	187.8	463.1	1547.9	1681.2	67.4	101.1	1633.9	1561.2	35.9	1580.8	165.8
Q <sub>50</sub>	382.0	176.8	431.0	1434.5	1545.5	62.3	88.3	1491.3	1428.1	28.8	1446.4	151.2
Q <sub>30</sub>	345.3	167.1	405.3	1344.8	1439.4	58.2	79.0	1382.2	1325.5	23.9	1343.4	139.6
Q <sub>20</sub>	315.8	158.6	383.8	1269.7	1351.3	54.7	71.6	1292.8	1241.0	20.3	1258.8	130.0
Q <sub>10</sub>	263.7	141.3	343.4	1130.1	1189.5	48.2	59.1	1131.8	1087.8	14.7	1106.1	112.2
Q <sub>5</sub>	208.9	119.6	297.0	971.0	1008.3	40.7	46.5	956.1	919.1	9.7	938.7	92.3
Q <sub>3</sub>	165.6	99.4	256.5	833.5	854.5	34.2	36.9	810.4	778.0	6.4	799.2	75.5
Q <sub>2</sub>	127.9	79.4	217.5	702.3	710.4	28.1	28.7	675.9	647.1	4.1	669.8	60.0
	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal
Q <sub>1000</sub>	844.8	445.1	729.7	2462.6	2742.2	121.0	176.5	2522.2	2472.0	112.8	2412.1	327.0
Q <sub>500</sub>	739.9	392.9	670.0	2254.4	2493.8	109.1	155.5	2300.6	2250.6	89.4	2205.6	290.0
Q <sub>300</sub>	667.5	356.7	627.1	2104.8	2316.5	100.7	141.0	2142.0	2092.3	74.6	2057.5	264.2
Q <sub>100</sub>	524.0	284.2	536.6	1791.4	1947.9	83.3	112.0	1811.0	1763.0	48.7	1747.5	212.1
Q <sub>50</sub>	441.9	242.1	480.9	1599.1	1724.1	73.0	95.2	1609.1	1562.6	36.1	1557.7	181.8
Q <sub>30</sub>	385.3	212.8	440.2	1459.4	1562.8	65.6	83.6	1463.1	1418.1	28.4	1420.0	160.5
Q <sub>20</sub>	342.2	190.4	407.9	1348.7	1435.6	59.8	74.6	1347.7	1304.0	23.1	1310.8	144.2
Q <sub>10</sub>	272.7	153.8	352.4	1159.2	1220.1	50.1	60.1	1151.3	1110.3	15.5	1124.6	117.4
Q <sub>5</sub>	207.1	118.8	295.2	965.1	1002.0	40.4	46.3	951.3	913.9	9.5	934.1	91.5
Q <sub>3</sub>	160.3	93.4	250.3	813.6	833.9	33.1	36.2	796.4	762.3	6.1	785.7	72.5
Q <sub>2</sub>	122.4	72.5	210.4	679.7	687.4	26.8	28.0	660.4	629.7	3.8	654.9	56.8
	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson
Q <sub>1000</sub>	448.7	196.3	489.4	1692.4	1767.0	81.9	110.6	1913.3	1875.6	34.3	1930.6	187.0
Q <sub>500</sub>	423.2	189.0	471.4	1619.3	1691.4	77.5	103.5	1808.1	1768.9	31.3	1818.4	177.1
Q <sub>300</sub>	403.9	183.3	457.3	1563.4	1633.4	74.1	98.3	1729.5	1689.4	29.1	1735.0	169.6
Q <sub>100</sub>	359.8	169.7	424.3	1433.6	1498.4	66.4	86.4	1549.7	1507.9	24.2	1545.2	152.2
Q <sub>50</sub>	330.1	160.0	401.1	1344.4	1405.1	61.2	78.5	1430.0	1387.7	21.1	1420.0	140.5
Q <sub>30</sub>	307.0	152.1	382.3	1274.0	1331.1	57.2	72.4	1337.9	1295.4	18.8	1324.4	131.3
Q <sub>20</sub>	287.4	145.3	366.1	1213.8	1.267.6	53.8	67.3	1260.3	1217.8	16.9	1244.3	123.5
Q <sub>10</sub>	251.5	132.0	335.0	1100.8	1147.9	47.7	58.1	1119.0	1077.3	13.6	1099.9	109.1
Q <sub>5</sub>	210.5	115.7	297.3	967.8	1006.1	40.6	47.8	959.9	920.0	10.1	939.5	92.4
Q <sub>3</sub>	174.6	100.2	262.1	847.8	877.1	34.5	39.0	823.4	786.2	7.3	804.5	77.6
Q <sub>2</sub>	139.0	83.6	224.9	725.0	744.1	28.4	30.6	690.2	656.6	4.9	675.0	62.7

### 3.4.2 Gewählte Verteilungen für die jeweiligen Pegel

Wie aus den Ergebnissen in den Tabellen 3.4.1.1 und 3.4.1.2. zu sehen ist, zeigen die ermittelten Hochwasserwerte entlang des Flusslaufs einen stetigen Verlauf. Nur an den Pegeln A 2400 Zeltweg und A 3902 Mureck gibt es Abweichungen. Die Hochwasserwerte am Pegel A 2400 Zeltweg sind niedriger als flussaufwärts am Pegel A 2170 St. Georgen. Die Unterschiede zwischen den Hochwasserwerten am Pegel A 3902 Mureck und dem flussaufwärts gelegenen Pegel A 3870 Spielfeld sind sehr gering, wobei der Pegel A 3902 Mureck einen etwas niedrigeren  $Q_{\max}$  als der Pegel A 3870 Spielfeld aufweist.

Folgende Kriterien wurden für die Auswahl der theoretischen Verteilung am jeweiligen Pegel herangezogen:

#### **A 2055 Gestüthof, A 2170 St. Georgen**

Nach dem KS-Test stimmen alle drei Verteilungen gut mit den Beobachtungen überein. Dennoch unterschätzt die Pearson-III-Verteilung die Hochwässer. Die Log-Normal-Verteilung und die Log-Pearson-Verteilung liefern ziemlich ähnliche Ergebnisse. Da die Log-Pearson-III-Verteilung die niedrigste KS-Teststatistik für Hochwässer ergibt ( $T > 2$ ), wurde sie als adäquateste Verteilung für diesen Pegel gewählt.

#### **A 2400 Zeltweg**

Zur Verfügung standen nur Daten für den Zeitraum 1977 - 2005. Nach dem KS-Test stimmen alle drei Verteilungen gut mit den Beobachtungen überein, allerdings unterschätzen alle drei die Hochwässer. Da die Log-Pearson-III-Verteilung die niedrigste KS-Teststatistik für Hochwässer ergibt ( $T > 2$ ) und sie die hohen Hochwässer am besten schätzt, wurde sie als adäquateste Verteilung für diesen Pegel gewählt.

#### **A 2700 Leoben, A 2940 Neuberg**

Nach dem KS-Test stimmen alle drei Verteilungen gut mit den Beobachtungen überein, allerdings unterschätzen alle drei die Hochwässer etwas. Da die Log-Pearson-III-Verteilung die niedrigste KS-Teststatistik ergibt ( $T > 2$ ) und sie die hohen Hochwässer am besten schätzt, wurde sie als adäquateste Verteilung für diesen Pegel gewählt.

#### **A 3001 Kindthal**

Nach dem KS-Test stimmen alle drei Verteilungen gut mit den Beobachtungen überein. Dennoch unterschätzt die Pearson-III-Verteilung die Hochwässer. Die Log-Normal-Verteilung und die Log-Pearson-Verteilung liefern ziemlich ähnliche Ergebnisse. Aufgrund der Wahl beim Nachbarpegel wurde die Log-Pearson-III-Verteilung als adäquateste Verteilung für diesen Pegel gewählt.

#### **A 3082 Kapfenberg**

Zur Verfügung standen nur Daten für den Zeitraum 1971 - 2005. Nach dem KS-Test stimmen alle drei Verteilungen gut mit den Beobachtungen überein. Da die Log-Pearson-III-Verteilung die niedrigste KS-Teststatistik ergibt, wurde sie als adäquateste Verteilung für diesen Pegel gewählt.

**A 3100 Bruck**

Zur Verfügung standen nur Daten für den Zeitraum 1967 - 2005. Nach dem KS-Test stimmen alle drei Verteilungen gut mit den Beobachtungen überein. Die Pearson-III-Verteilung liefert die beste Schätzung ( $T > 2$ ). Da die Log-Pearson-III-Verteilung die niedrigste KS-Teststatistik ergibt, wurde sie als adäquateste Verteilung für diesen Pegel gewählt.

**A 3397 Graz**

Zur Verfügung standen nur Daten für den Zeitraum 1966 - 2005. Nach dem KS-Test stimmen alle drei Verteilungen gut mit den Beobachtungen überein, allerdings unterschätzen alle drei die Hochwässer. Die Log-Normal-Verteilung und die Log-Pearson-Verteilung liefern ziemlich ähnliche Ergebnisse und haben fast die gleiche KS-Teststatistik. Da die Log-Pearson-III-Verteilung die niedrigste KS-Teststatistik für Hochwässer ergibt ( $T > 10$ ), wurde sie als adäquateste Verteilung für diesen Pegel gewählt.

**A 3670 Voitsberg**

Zur Verfügung standen nur Daten für den Zeitraum 1966 - 2005. Nach dem KS-Test stimmen alle drei Verteilungen gut mit den Beobachtungen überein, allerdings unterschätzen die Pearson-Verteilung und die Log-Pearson-Verteilung die Hochwässer ( $T > 5$ ). Die Log-Pearson-III-Verteilung erreicht negative Abweichungswerte (-0,9), was wahrscheinlich die Ursache für die niedrige Dauerlinie im rechten Teil ist. Deswegen wurde die Log-Normal-Verteilung als adäquateste Verteilung gewählt.

**A 3701 Lieboch**

Nach dem KS-Test stimmen alle drei Verteilungen gut mit den Beobachtungen überein. Aufgrund der geschätzten Hochwässer am Nachbarpegel wurde die Log-Pearson-III-Verteilung als adäquateste Verteilung für diesen Pegel gewählt.

**A 3791 Gleinstätten**

Zur Verfügung standen Daten für den Zeitraum 1993 - 2005, der nur 13 Ereignisse umfasste. Das Sample war zu klein für eine qualitativ hochwertige statistische Analyse. Dennoch scheint es, dass die Pearson-Verteilung die Hochwässer etwas unterschätzt, während die Log-Pearson-III-Verteilung negative Werte des Abweichungskoeffizienten erreicht (-1), was zu niedrigeren Werten am rechten Rand der Verteilung führt. Deswegen wurde die Log-Normal-Verteilung als adäquateste Verteilung gewählt.

**A 3856 Leibnitz**

Diese Station hat als einzige einen sehr niedrigen negativen Abweichungskoeffizienten (-0,012) der Pearson-III-Verteilung. Da die Log-Normal-Verteilung die Hochwässer überschätzt ( $T > 10$ ) und die Log-Pearson-III-Verteilung die niedrigsten Werte der KS-Teststatistik für Hochwässer ergibt, wurde für diese Station die Log-Pearson-III-Verteilung als adäquateste Verteilung gewählt.

**A 3870 Spielfeld**

Zur Verfügung standen nur Daten für den Zeitraum 1968 - 2005. Nach dem KS-Test stimmen alle drei Verteilungen gut mit den Beobachtungen überein. Alle drei Verteilungen überschätzen die Hochwässer ( $T > 20$ ). Aufgrund der geschätzten

Hochwässer beim Nachbarpegel wurde die Pearson-III-Verteilung als adäquateste Verteilung für diesen Pegel gewählt.

#### **A 3902 Mureck**

Zur Verfügung standen nur Daten für den Zeitraum 1974 - 2005. Nach dem KS-Test stimmen alle drei Verteilungen gut mit den Beobachtungen überein. Da die Pearson-III-Verteilung die Hochwässer unterschätzt und die Log-Pearson-III-Verteilung die niedrigsten Werte der KS-Teststatistik für Hochwässer ergibt, wurde die Log-Pearson-III-Verteilung als adäquateste Verteilung gewählt.

#### **SI 1060 Gornja Radgona**

Nach dem KS-Test stimmen alle drei Verteilungen gut mit den Beobachtungen überein. Dennoch unterschätzt die Pearson-III-Verteilung die Hochwässer etwas. Die Log-Normal-Verteilung und die Log-Pearson-Verteilung liefern ähnliche Ergebnisse. Da die Log-Pearson-III-Verteilung die Hochwässer besser schätzt ( $T > 20$ ), wurde sie als adäquateste Verteilung für diesen Pegel gewählt.

#### **SI 1070 Petanjci**

Nach dem KS-Test stimmen alle drei Verteilungen gut mit den Beobachtungen überein. Da die Log-Pearson-III-Verteilung die niedrigsten Werte der Teststatistik für Hochwässer liefert ( $T > 2$ ), wurde sie als adäquateste Verteilung für diesen Pegel gewählt.

#### **SI 1140 Pristava**

Nach dem KS-Test stimmen alle drei Verteilungen gut mit den Beobachtungen überein. Dennoch unterschätzt die Pearson-III-Verteilung die Hochwässer offensichtlich. Die Log-Pearson-III-Verteilung erreicht hohe negative Werte des Abweichungskoeffizienten (-0,8), was zu niedrigeren Werten am rechten Rand der Verteilung führen kann. Deswegen wurde die Log-Normal-Verteilung als adäquateste Verteilung für diesen Pegel gewählt.

#### **SI 1220 Polana**

Nach dem KS-Test stimmen alle drei Verteilungen gut mit den Beobachtungen überein. Dennoch unterschätzt die Pearson-III-Verteilung die Hochwässer offensichtlich. Da die Log-Pearson-III-Verteilung die niedrigsten Werte der Teststatistik für Hochwässer liefert ( $T > 2$ ), wurde sie als adäquateste Verteilung für diesen Pegel gewählt.

#### **HR 5026 Jendrašiček**

Nach dem KS-Test stimmen alle drei Verteilungen zufriedenstellend mit den Beobachtungen überein. Die Log-Normal-Verteilung überschätzt die Hochwässer ( $T > 10$ ) und erreicht die höchsten Werte der KS-Teststatistik. Ein hohes außerordentliches Ereignis wurde im Rahmen der Pearson-III-Verteilung festgestellt. Deshalb wurde die Log-Pearson-III-Verteilung als adäquateste Verteilung für diesen Pegel gewählt.

#### **HR 5035 Goričan**

Nach dem KS-Test stimmen alle drei Verteilungen zufriedenstellend mit den Beobachtungen überein. Dennoch unterschätzt die Pearson-III-Verteilung die Hochwässer offensichtlich ( $T > 5$ ). Da die Log-Normal-Verteilung die niedrigsten Werte der KS-Teststatistik für Hochwässer ergibt, wurde sie als adäquateste Verteilung für diesen Pegel gewählt.

### **HR 5044 Mursko Središće**

Nach dem KS-Test stimmen alle drei Verteilungen gut mit den Beobachtungen überein. Dennoch überschätzen alle drei Verteilungen die Hochwässer ( $T > 50$ ), am stärksten die Log-Normal-Verteilung. Die Pearson-Verteilung und die Log-Pearson-Verteilung liefern ähnliche Ergebnisse für Hochwässer und haben eine ähnliche KS-Teststatistik. Die Log-Pearson-Verteilung schätzt die Hochwässer am besten ( $T > 10$ ), weshalb sie als adäquateste Verteilung für diesen Pegel gewählt wurde.

### **H 360 Letenye**

Nach dem KS-Test stimmen alle drei Verteilungen gut mit den Beobachtungen überein. Dennoch überschätzen alle drei Verteilungen die Hochwässer ( $T > 50$ ). Da die Log-Normal-Verteilung die niedrigsten Werte der KS-Teststatistik ergibt und die höchsten Hochwässer schätzt ( $T > 10$ ), wurde sie als adäquateste Verteilung für diesen Pegel gewählt. Eine Hochwasser-Analyse wurde nur für den Zeitraum 1972-2005 erstellt, wo sich ein etwas niedrigerer Wert Q1% ergibt.

### **H 364 Tormafölde**

Zur Verfügung standen nur Daten für den Zeitraum 1963 - 2005. Nach dem KS-Test stimmen alle drei Verteilungen gut mit den Beobachtungen überein. Dennoch erreicht die Log-Pearson-III-Verteilung negative Werte des Abweichungskoeffizienten (-1,1), was zu niedrigeren Werten am rechten Rand der Verteilung führen kann. Da die Log-Normal-Verteilung niedrigere Werte der KS-Teststatistik ergibt als die Pearson-Verteilung, wurde sie als adäquateste Verteilung für diesen Pegel gewählt.

Die gewählten Verteilungen für den jeweiligen Pegel sind in den Bildern 3.4.2.1 und 3.4.2.2 dargestellt.

HYDROLOGISCHE STUDIE DER MUR

Tabelle 3.4.2.1: Gewählte Verteilungen für den jeweiligen Pegel

	ÖSTEREICH											
Code	2055	2170	2400	2700	3100	3397	3870	3902	2940	3001	3082	3670
Hydrologische Station	Gestüthof/Mur	St. Georgen/Mur	Zeltweg/Mur	Leoben/Mur	Bruck/Mur	Graz/Mur	Spiefeld/Mur	Mureck/Mur	Neuberg/Mürz	Kindthal/Mürz	Kapfenberg/Mürz	Voitsberg/Kainach
	LogPearson III	LogPearson III	LogPearson III	LogPearson III	LogPearson III	LogPearson III	Pearson III	LogPearson III	LogPearson III	LogPearson III	LogPearson III	LogNormal
HQ <sub>1000</sub>	811.0	872.9	809.6	1106.8	1190.5	1716.9	1798.8	1797.3	334.7	358.7	462.6	567.6
HQ <sub>500</sub>	736.3	806.7	752.1	1023.0	1130.2	1560.4	1724.0	1712.5	299.7	324.6	417.4	485.7
HQ <sub>300</sub>	683.3	758.2	710.6	962.5	1083.8	1449.5	1666.5	1645.8	275.2	300.6	385.7	430.3
HQ <sub>100</sub>	573.9	654.5	622.6	834.0	979.8	1220.2	1532.3	1494.0	225.6	251.5	321.0	323.8
HQ <sub>50</sub>	508.1	588.9	567.9	754.2	909.3	1082.3	1439.0	1388.5	196.5	222.4	282.8	265.1
HQ <sub>30</sub>	460.9	540.3	527.9	695.6	854.3	983.4	1364.7	1304.8	176.0	201.7	255.7	225.6
HQ <sub>20</sub>	423.8	501.3	495.8	648.7	808.7	905.7	1300.8	1234.5	160.1	185.5	234.5	196.3
HQ <sub>10</sub>	361.3	433.3	440.3	567.7	724.7	774.6	1179.9	1103.5	133.8	158.4	199.3	150.3
HQ <sub>5</sub>	298.3	361.9	382.2	483.1	630.3	642.4	1035.7	953.5	108.0	131.4	164.4	108.8
HQ <sub>3</sub>	250.1	304.9	335.8	415.9	549.3	540.9	903.7	823.1	88.7	110.9	137.9	80.5
HQ <sub>2</sub>	208.0	253.7	293.7	355.3	472.1	452.3	766.7	697.9	72.4	93.2	115.1	58.6

	ÖSTEREICH			SLOWENIEN				KROATIEN			UNGARN	
Code	3701	3791	3856	1060	1070	1140	1220	5044	5035	5026	360	364
Hydrologische Station	Lieboch/Kainach	Gleinstätten/Sulm	Leibnitz/Sulm	Gornja Radgona/Mura	Petanjci/Mura	Pristava/Ščavnica	Polana/Ledava	Mursko Središće/Mura	Goričan/Mura	Jendrašiček /Trnava	Letenye/Mura	Tormafölde/Kerka
	LogPearson III	LogNormal	LogPearson III	LogPearson III	LogPearson III	LogNormal	LogPearson III	LogPearson III	LogNormal	LogPearson III	LogNormal	LogNormal
HQ <sub>1000</sub>	585.0	445.1	554.7	1875.2	2082.5	121.0	145.2	2076.5	2472.0	63.4	2412.1	327.0
HQ <sub>500</sub>	539.6	392.9	529.2	1783.4	1968.5	109.1	131.6	1947.4	2250.6	54.5	2205.6	290.0
HQ <sub>300</sub>	505.2	356.7	509.1	1711.4	1880.1	100.7	121.7	1849.5	2092.3	48.2	2057.5	264.2
HQ <sub>100</sub>	430.7	284.2	463.1	1547.9	1681.2	83.3	101.1	1633.9	1763.0	35.9	1747.5	212.1
HQ <sub>50</sub>	382.0	242.1	431.0	1434.5	1545.5	73.0	88.3	1491.3	1562.6	28.8	1557.7	181.8
HQ <sub>30</sub>	345.3	212.8	405.3	1344.8	1439.4	65.6	79.0	1382.2	1418.1	23.9	1420.0	160.5
HQ <sub>20</sub>	315.8	190.4	383.8	1269.7	1351.3	59.8	71.6	1292.8	1304.0	20.3	1310.8	144.2
HQ <sub>10</sub>	263.7	153.8	343.4	1130.1	1189.5	50.1	59.1	1131.8	1110.3	14.7	1124.6	117.4
HQ <sub>5</sub>	208.9	118.8	297.0	971.0	1008.3	40.4	46.5	956.1	913.9	9.7	934.1	91.5
HQ <sub>3</sub>	165.6	93.4	256.5	833.5	854.5	33.1	36.9	810.4	762.3	6.4	785.7	72.5
HQ <sub>2</sub>	127.9	72.5	217.5	702.3	710.4	26.8	28.7	675.9	629.7	4.1	654.9	56.8

## HYDROLOGISCHE STUDIE DER MUR

Tabelle 3.4.2.2: Ergebnisse der statistischen Auswertungen der jährlichen Hochwasserdurchflüsse

Gewässer	Meßstelle		Entfernung von der Mündung km	Einzugsgebeitsfläche km <sup>2</sup>	Verteilung der Hochwasserdurchflüsse				Verteilung
	Name	Code			Jahreshochwasserdurchflüsse $Q_{\max,p}$ (m <sup>3</sup> /s)				
					Überschreitungswahrscheinlichkeit, p				
					1%	5%	10%	50%	
Mur	Gestüthof	A_2055	381.6	1700	573.9	423.8	361.3	208.0	LogPearson III
Mur	St.Georgen ob Jdbg.	A_2170	346.3	2368	654.5	501.3	433.3	253.7	LogPearson III
Mur	Zeltweg	A_2400	320.5	2958	622.6	495.8	440.3	293.7	LogPearson III
Mur	Leoben	A_2700	271.5	4592	834.0	648.7	567.7	355.3	LogPearson III
Mur	Bruck	A_3100	250.1	6214	979.8	808.7	724.7	472.1	LogPearson III
Mur	Graz	A_3397	188.3	7043	1220.2	905.7	774.6	452.3	LogPearson III
Mur	Spielfeld	A_3870	144.7	9480	1532.3	1300.8	1179.9	766.7	Pearson III
Mua	Mureck	A_3902	131.6	9770	1494.0	1234.5	1103.5	697.9	LogPearson III
Mürz	Neuberg	A_2940	/	232	225.6	160.1	133.8	72.4	LogPearson III
Mürz	Kindthal	A_3001	/	728	251.5	185.5	158.4	93.2	LogPearson III
Mürz	Kapfenberg-Diemplach	A_3082	/	1365	321.0	234.5	199.3	115.1	LogPearson III
Kainach	Voitsberg	A_3670	/	210	323.8	196.3	150.3	58.6	LogNormal
Kainach	Lieboch	A_3701	/	756	430.7	315.8	263.7	127.9	LogPearson III
Sulm	Gleinstätten	A_3791	/	265	284.2	190.4	153.8	72.5	LogNormal
Sulm	Leibnitz	A_3856	/	1103	463.1	383.8	343.4	217.5	LogPearson III
Mur	Gornja Radgona	SI_1060	114.5	10242	1547.9	1269.7	1130.1	702.3	LogPearson III
Mur	Petanjci	SI_1070	108.3	10382	1681.2	1351.3	1189.5	710.4	LogPearson III
Ščavnica	Pristava	SI_1140	/	274	83.3	59.8	50.1	26.8	LogNormal
Ledava	Polana	SI_1220	/	223	101.1	71.6	59.1	28.7	LogPearson III
Mur	Mursko Središće	C_5044	70.7	10943	1633.9	1292.8	1131.8	675.9	LogPearson III
Mur	Goričan	C_5035	37.1	13022	1763.0	1304.0	1110.3	629.7	LogNormal
Trnava	Jendrašiček	C_5026	/	155	35.9	20.3	14.7	4.1	LogPearson III
Mur	Letenye	H_360	37.1	13022	1747.5	1310.8	1124.6	654.9	LogNormal
Kerka	Tormafölde	H_364	/	969	212.1	144.2	117.4	56.8	LogNormal

# HYDROLOGISCHE STUDIE DER MUR

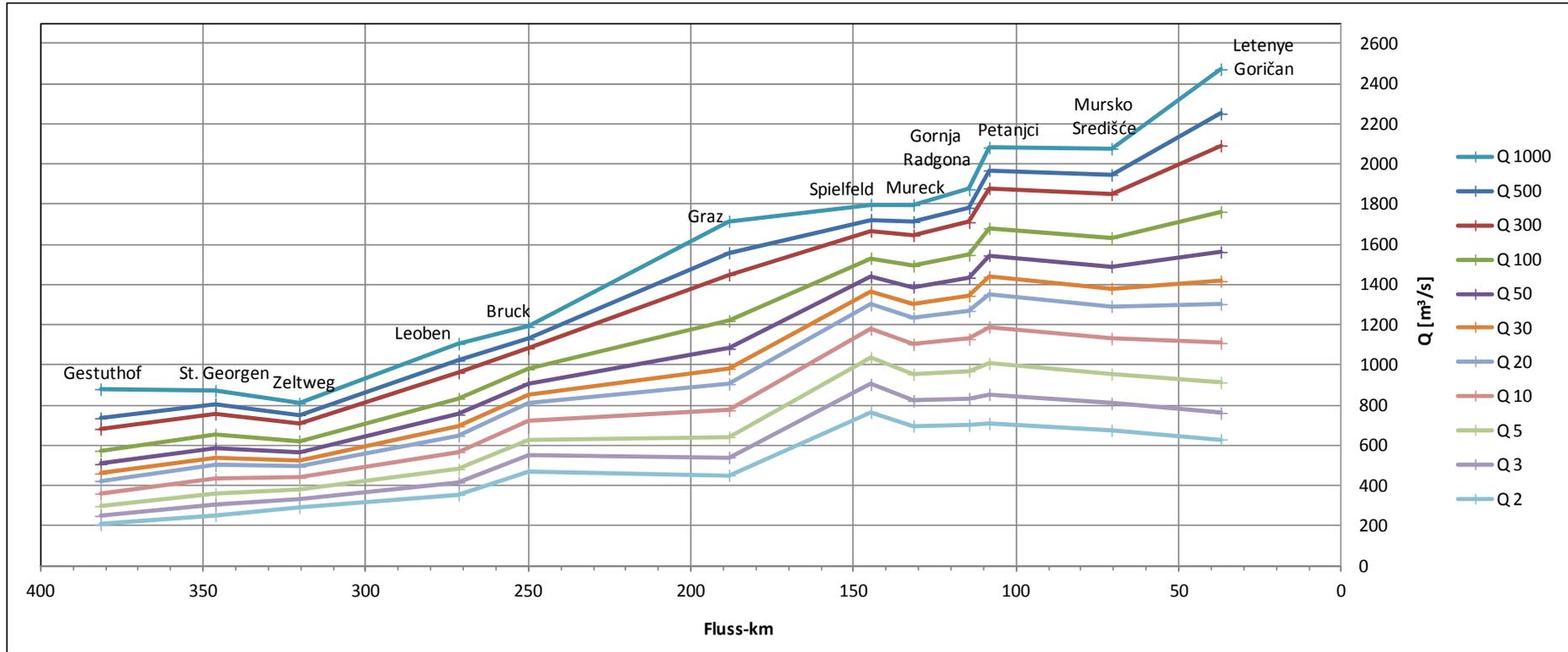


Bild 3.4.2.1: HQ 1000, 500, 300, 100, 50, 30, 20, 10, 5, 3 und 2, berechnet nach der gewählten Verteilung und dargestellt als Längenschnitt der Mur

In Bild 3.4.2.2 ist der Längenschnitt auf Basis der statistischen Analyse, die mit der Log-Pearson-Verteilung des Typs III erstellt wurde, darstellt. Dabei ist zu erkennen, dass die Schwankungen der Durchflüsse noch ausgeprägter sind (Bilder 3.4.2.1 und 3.4.2.2).

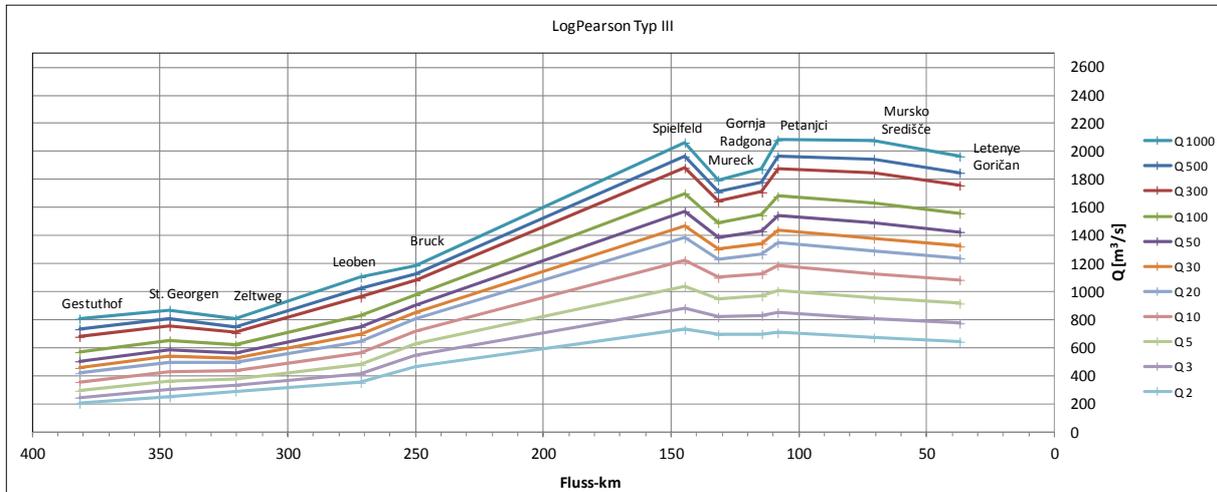


Bild 3.4.2.2: Längenschnitt für HQ 1000, 500, 300, 100, 50, 30, 20, 10, 5, 3 und 2, berechnet nach der Log-Pearson-Typ-III-Verteilung

Ferner wurden die Pegel Mureck und Gornja Radgona aus den im Kapitel 3.1.3 dargelegten Gründen ausgesondert. In Bild 3.4.2.3 sind die übrigen Pegel dargestellt.

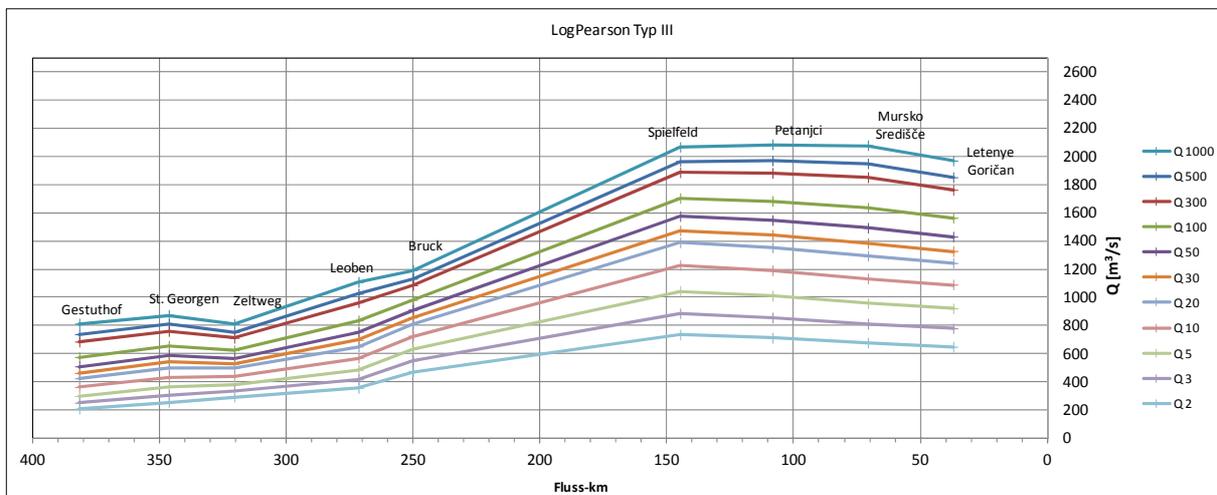


Bild 3.4.2.3: Längenschnitt für HQ 1000, 500, 300, 100, 50, 30, 20, 10, 5, 3 und 2, berechnet nach der Log-Pearson-Typ-III-Verteilung – ohne die Pegel Mureck und Gornja Radgona

In Bild 3.4.2.1 sind die Durchflüsse mit verschiedenen Wiederkehrintervallen dargestellt, wobei die größte Streuung beim Pegel Letenye auftritt. Der Grund dafür liegt in der Streuung der Daten, wo sich zeigt, dass der Pegel Letenye die Daten mit dem höchsten und niedrigsten Wert der maximalen Durchflüsse unter den Pegeln Letenye, Gornja Radgona in Mursko Središće aufweist (Tabelle 3.4.2.3). Im Diagramm zeigen sich auch unerwartete Differenzen bei den Durchflüssen zwischen den Pegeln Spielfeld und Mureck sowie Gornja Radgona und Petanjci.

Tabelle 3.4.2.3: Maximale Durchflüsse an den Pegeln Gornja Radgona, Petanjci, Mursko Središće, Goričan und Letenye

Hydrologische Station	Mursko Središće	Goričan	Gornja Radgona	Petanjci	Letenye
Code	C 5044	C 5035	SI 1060	SI 1070	H 360
Jahr	Q [m <sup>3</sup> /s]				
1961	495	383	589	544	464
1962	509	423	577	534	511
1963	569	673	488	441	756
1964	806	800	769	890	913
1965	1145	1030	1101	1196	1120
1966	1108	1073	1142	1100	1200
1967	653	739	678	668	828
1968	301	306	366	333	372
1969	707	574	707	789	580
1970	931	827	962	1056	823
1971	267	213	273	281	255
1972	1357	1447	1205	1284	1580
1973	1088	962	1145	1169	1020
1974	464	460	421	403	490
1975	1256	1269	1132	1169	1110
1976	415	487	419	372	490
1977	455	542	354	354	530
1978	593	516	611	583	547
1979	722	743	722	736	799
1980	1346	1192	1067	1192	1190
1981	429	403	470	419	424
1982	817	795	959	1034	795
1983	319	308	314	304	320
1984	513	470	503	480	494
1985	776	791	834	696	809
1986	601	529	595	626	552
1987	807	801	834	862	791
1988	708	583	762	765	632
1989	1294	1183	1078	1116	1130
1990	747	635	781	797	690
1991	744	627	832	853	667
1992	649	583	673	697	610
1993	1158	1040	1113	1120	990
1994	635	599	650	725	578
1995	668	700	754	856	665
1996	712	891	830	856	918
1997	553	475	600	643	482
1998	608	641	618	628	638
1999	923	711	1062	1114	701
2000	471	474	457	474	462
2001	384	347	372	362	343
2002	700	703	829	856	698
2003	230	229	287	293	230
2004	610	624	815	848	630
2005	1196	1225	1350	1351	1200

In Bild 3.4.2.3 sind die Durchflüsse mit verschiedenen Wiederkehrintervallen und ohne die beiden ausgeklammerten Pegel Mureck und Gornja Radgona dargestellt. Noch immer kommt es zu Anomalien in der Darstellung – niedrigere berechnete Durchflüsse an den Pegeln Letenye und Goričan. Deshalb haben wir noch eine weitere Darstellungsvariante erstellt, bei der wir die Pegel Spielfeld, Petanjci und Mursko Središće ausgesondert haben (Bild 3.4.2.4).

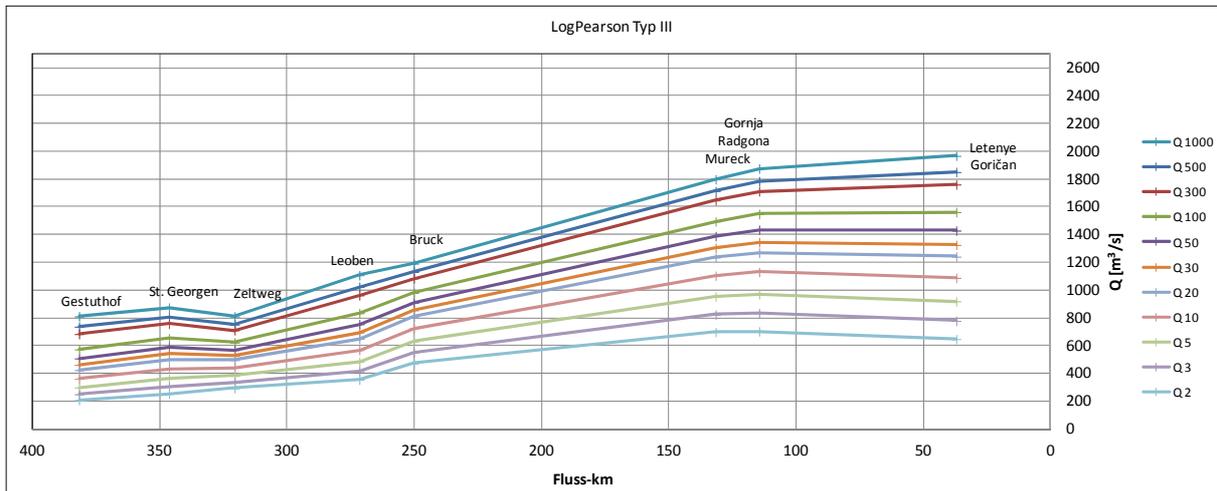


Bild 3.4.2.4: Längenschnitt für HQ 1000, 500, 300, 100, 50, 30, 20, 10, 5, 3 und 2, berechnet nach der Log-Pearson-Typ-III-Verteilung – ohne die Pegel Petanjci und Mursko Središće

In Bild 3.4.2.4 zeigen alle Kurven der berechneten Durchflüsse einen stetig steigenden Verlauf. Im Bild sind diejenigen Pegel nicht berücksichtigt, bei denen ein großer Anstieg in der Durchflussmenge zu bemerken ist.

In Bild 3.4.2.5 sind die geschätzten Hochwasserwerte mit 100-jährlicher Wiederkehrwahrscheinlichkeit nach der Log-Pearson-III-Verteilung dargestellt. Dargestellt sind auch die obere und untere Vertrauensgrenze von 95%.

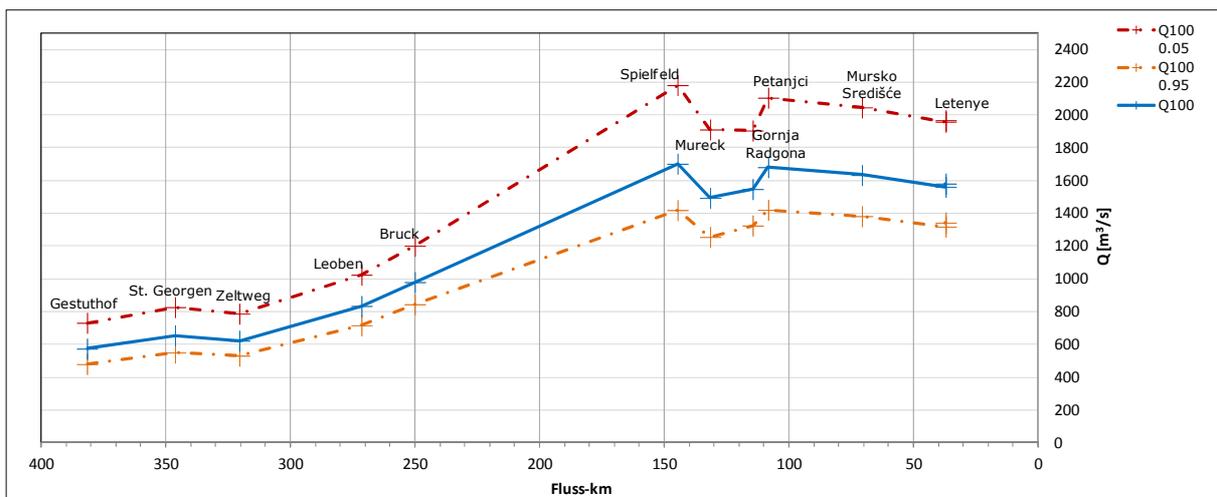


Bild 3.4.2.5: Q 100 mit oberer und unterer 95%-Vertrauensgrenze

Die obere Vertrauensgrenze ergibt bis um etwa 30 % höhere Werte, die untere Vertrauensgrenze um bis zu 20 % niedrigere Werte als die Erwartungswerte des 100-jährlichen Durchflusses.

### **3.5 Niederwasserstatistik**

Die Analyse basiert auf den Daten der minimalen Monatsdurchflüsse. Die Niederwasserdurchflüsse wurden mit der Log-Normal-Verteilung und der Pearson-Typ-III-Verteilung analysiert. Diese beiden Funktionen werden gewöhnlich bei der Wahrscheinlichkeitsanalyse der Niederwasserdurchflüsse verwendet. Die Extremal-I-Verteilung (Gumbel-Verteilung) ist im Allgemeinen nicht für die Analyse minimaler Durchflüsse zu empfehlen, da sie (am oberen und unteren Rand) unbegrenzt ist, weshalb sie am unteren Rand negative Werte ergeben kann. Das Ziel bestand darin, eine Wahrscheinlichkeitsanalyse des Auftretens bzw. Nichtauftretens von Niederwasserdurchflüssen zu erstellen. Geschätzt wurden die theoretischen Niederwasserdurchflüsse mit den Wiederkehrperioden 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 300, 500 und 1000 Jahre mit einer Konfidenzgrenze von 95 %. Detaillierte Aufstellungen der Analyse sind beigelegt (Annex II).

Die Analyse hat gezeigt, dass auch die Pearson-Typ-III-Verteilung negative Werte bei großen Wiederkehrperioden ergibt ( $T \geq 300$ ). Diese Verteilung hat eine Ober- und Untergrenze, die vom Vorzeichen der auftretenden Parameter abhängig ist. Negative Werte können sich daraus ergeben, dass die Durchflussverteilungen keine niedrigere Grenze haben. Diese Werte werden gewöhnlich als "0" oder aber überhaupt nicht behandelt.

### 3.5.1 Mit verschiedenen Verteilungen geschätzte theoretische Niedergewässer

Tabelle 3.5.1.1: Mit verschiedenen Verteilungen geschätzte theoretische Niedergewässer für 12 Pegel

	ÖSTEREICH											
Code	2055	2170	2400	2700	3100	3397	3870	3902	2940	3001	3082	3670
Hydrologische Station	Gestüthof/Mur	St. Georgen/Mur	Zeltweg/Mur	Leoben/Mur	Bruck/Mur	Graz/Mur	Spielfeld/Mur	Mureck/Mur	Neuberg/Mürz	Kindthal/Mürz	Kapfenberg/Mürz	Voitsberg/Kainach
	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal
NQ <sub>2</sub>	6.59	10.27	13.38	20.44	28.74	22.17	37.14	45.92	1.57	2.73	5.51	1.23
NQ <sub>3</sub>	5.61	9.04	12.29	18.39	26.16	19.86	32.69	41.97	1.41	2.25	4.90	1.00
NQ <sub>5</sub>	4.81	8.00	11.33	16.64	23.92	17.89	28.96	38.54	1.27	1.87	4.38	0.82
NQ <sub>10</sub>	4.07	7.02	10.38	14.95	21.74	15.99	25.43	35.16	1.14	1.53	3.88	0.67
NQ <sub>20</sub>	3.55	6.30	9.66	13.68	20.08	14.58	22.84	32.60	1.04	1.30	3.51	0.56
NQ <sub>30</sub>	3.31	5.96	9.31	13.06	19.27	13.89	21.60	31.34	0.99	1.19	3.34	0.51
NQ <sub>50</sub>	3.05	5.58	8.91	12.38	18.37	13.13	20.24	29.94	0.93	1.08	3.14	0.46
NQ <sub>100</sub>	2.75	5.15	8.44	11.58	17.31	12.25	18.67	28.29	0.87	0.96	2.92	0.40
NQ <sub>300</sub>	2.38	4.59	7.82	10.54	15.91	11.10	16.66	26.10	0.79	0.80	2.62	0.34
NQ <sub>500</sub>	2.24	4.37	7.57	10.12	15.35	10.65	15.86	25.22	0.76	0.75	2.51	0.31
NQ <sub>1000</sub>	2.06	4.11	7.25	9.61	14.66	10.09	14.90	24.13	0.72	0.68	2.37	0.28
	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson
NQ <sub>2</sub>	6.96	10.70	13.66	20.95	28.93	22.04	38.56	46.53	1.61	2.98	5.79	1.36
NQ <sub>3</sub>	5.95	9.43	12.54	18.85	26.25	19.63	33.22	42.50	1.45	2.49	5.22	1.13
NQ <sub>5</sub>	5.00	8.21	11.48	16.87	23.85	17.59	28.02	38.76	1.29	2.02	4.66	0.91
NQ <sub>10</sub>	4.01	6.90	10.32	14.78	21.45	15.69	22.29	34.88	1.12	1.52	4.03	0.67
NQ <sub>20</sub>	3.21	5.82	9.36	13.06	19.61	14.33	17.43	31.76	0.98	1.10	3.48	0.48
NQ <sub>30</sub>	2.80	5.26	8.85	12.18	18.69	13.69	14.85	30.16	0.91	0.88	3.19	0.37
NQ <sub>50</sub>	2.33	4.60	8.26	11.16	17.66	13.00	11.83	28.34	0.82	0.62	2.84	0.26
NQ <sub>100</sub>	1.76	3.79	7.53	9.90	16.44	12.23	8.03	26.12	0.72	0.31	2.40	0.11
NQ <sub>300</sub>	0.95	2.63	6.48	8.12	14.83	11.29	2.50	23.05	0.58	-0.15	1.74	-0.10
NQ <sub>500</sub>	0.62	2.14	6.03	7.37	14.16	10.92	0.13	21.75	0.52	-0.34	1.46	-0.19
NQ <sub>1000</sub>	0.19	1.51	5.45	6.41	13.35	10.50	-2.98	20.12	0.44	-0.59	1.08	-0.30

HYDROLOGISCHE STUDIE DER MUR

Tabelle 3.5.1.2: Mit verschiedenen Verteilungen geschätzte theoretische Niederwässer für weitere 12 Pegel

	ÖSTEREICH			SLOWENIEN				KROATIEN			UNGARN	
Code	3701	3791	3856	1060	1070	1140	1220	5044	5035	5026	360	364
Hydrologische Station	Lieboch/Kainach	Gleinstätten/Sulm	Leibnitz/Sulm	Gornja Radgona/Mura	Petanjci/Mura	Pristava/Ščavnica	Polana/Ledava	Mursko Središće/Mura	Goričan/Mura	Jendrašiček /Trnava	Letenye/Mura	Tormafölde/Kerka
	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal	LogNormal
NQ <sub>2</sub>	1.06	0.33	3.72	56.30	56.50	0.18	0.07	59.83	66.29	0.07	73.35	0.79
NQ <sub>3</sub>	0.88	0.25	3.09	52.26	52.65	0.13	0.04	54.53	60.20	0.06	65.75	0.65
NQ <sub>5</sub>	0.74	0.19	2.58	48.70	49.23	0.10	0.03	49.93	54.94	0.05	59.26	0.54
NQ <sub>10</sub>	0.61	0.14	2.13	45.14	45.81	0.07	0.02	45.42	49.81	0.04	53.00	0.44
NQ <sub>20</sub>	0.52	0.11	1.82	42.40	43.17	0.06	0.01	42.01	45.94	0.03	48.34	0.37
NQ <sub>30</sub>	0.48	0.10	1.68	41.04	41.85	0.05	0.01	40.33	44.04	0.03	46.07	0.33
NQ <sub>50</sub>	0.44	0.08	1.52	39.52	40.38	0.04	0.01	38.47	41.93	0.03	43.58	0.30
NQ <sub>100</sub>	0.39	0.07	1.35	37.70	38.61	0.03	0.01	36.28	39.46	0.02	40.67	0.26
NQ <sub>300</sub>	0.33	0.05	1.14	35.27	36.24	0.03	0.00	33.38	36.20	0.02	36.87	0.21
NQ <sub>500</sub>	0.30	0.05	1.06	34.28	35.28	0.02	0.00	32.22	34.89	0.02	35.36	0.19
NQ <sub>1000</sub>	0.28	0.04	0.97	33.05	34.08	0.02	0.00	30.79	33.28	0.01	33.51	0.17
	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson	Pearson
NQ <sub>2</sub>	1.17	0.33	4.03	56.76	56.55	0.17	0.09	60.64	68.23	0.06	72.21	0.81
NQ <sub>3</sub>	1.00	0.22	3.36	52.30	52.66	0.12	0.06	55.19	62.01	0.05	64.70	0.67
NQ <sub>5</sub>	0.82	0.15	2.73	48.08	49.17	0.09	0.03	50.19	55.98	0.05	58.61	0.54
NQ <sub>10</sub>	0.63	0.09	2.04	43.56	45.69	0.07	0.01	45.03	49.35	0.04	53.28	0.40
NQ <sub>20</sub>	0.46	0.06	1.47	39.85	43.00	0.06	0.00	40.91	43.77	0.04	49.69	0.28
NQ <sub>30</sub>	0.37	0.05	1.17	37.91	41.67	0.06	0.00	38.83	40.82	0.04	48.12	0.22
NQ <sub>50</sub>	0.26	0.04	0.82	35.68	40.18	0.06	0.00	36.44	37.37	0.04	46.45	0.15
NQ <sub>100</sub>	0.12	0.03	0.38	32.91	38.41	0.05	-0.01	33.56	33.02	0.04	44.70	0.07
NQ <sub>300</sub>	-0.08	0.03	-0.25	28.98	36.05	0.05	-0.01	29.60	26.74	0.04	42.74	-0.05
NQ <sub>500</sub>	-0.17	0.03	-0.51	27.31	35.09	0.05	-0.01	27.94	24.04	0.04	42.01	-0.10
NQ <sub>1000</sub>	-0.29	0.02	-0.86	25.17	33.91	0.05	-0.01	25.86	20.53	0.04	41.24	-0.16

# HYDROLOGISCHE STUDIE DER MUR

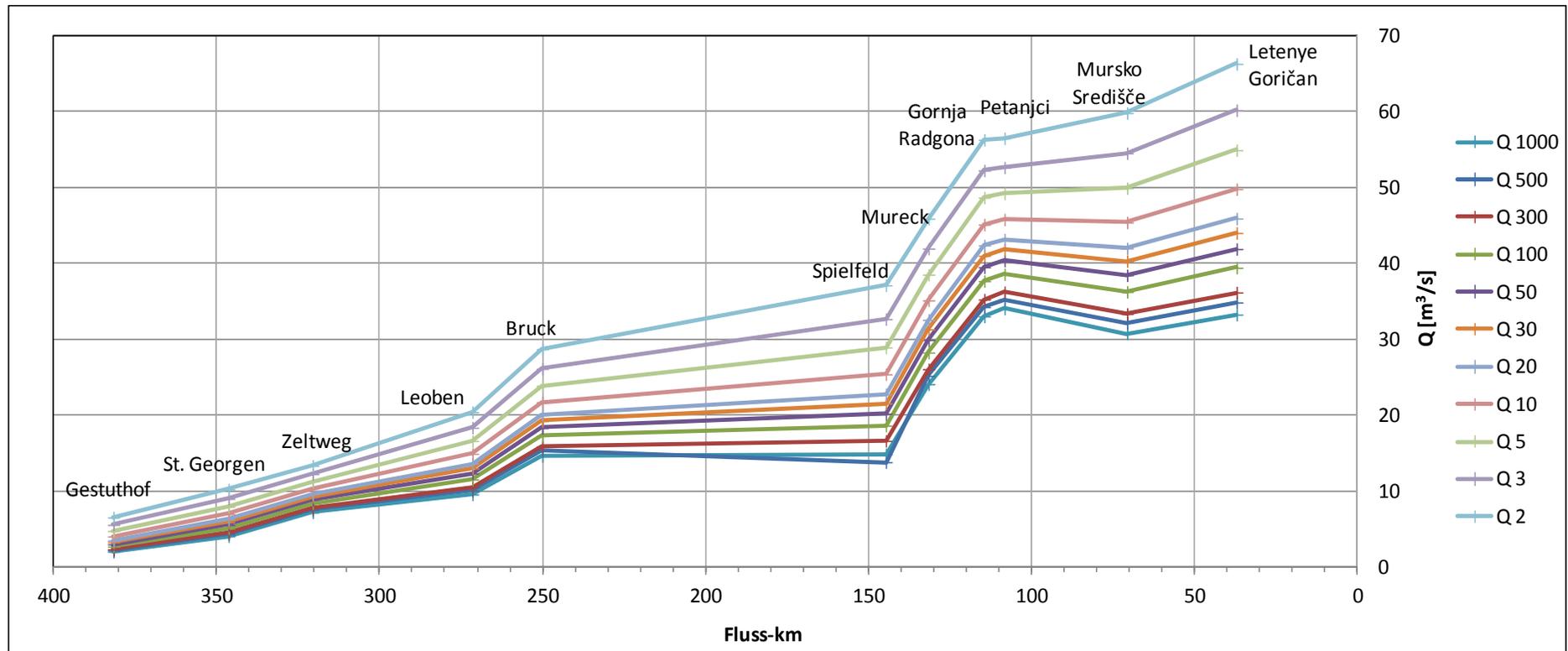


Bild 3.5.1.1: Längenschnitt für NQ 1000, 500, 300, 100, 50, 30, 20, 10, 5, 3 und 2, berechnet nach der gewählten Verteilung

### 3.6 Abflussbeiwert

Der Abflussbeiwert wurde für den Zeitraum 1971 – 2005 berechnet aus Jahreswerten. Für diesen Zeitraum standen Niederschlagsdaten für die meisten Stationen zur Verfügung, so dass die mittleren Niederschläge für die einzelnen Gebiete berechnet wurden. Für die Pegel A\_2400 Zeltweg, A\_3902 Mureck und A\_3971 standen keine ausreichenden Daten zur Verfügung, um den Abflussbeiwert für den gewählten Zeitraum berechnen zu können. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 3.6.1 und in den Bildern 3.6.1 und 3.6.2 dargestellt.

Tabelle 3.6.1: Abflussbeiwert für die Mur und ihre Zubringer

Code	Pegel	Stationär [km]	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Nieder- schlag [mm]	Abfluss- beiwert [%]
A_2055	Gestüthof/Mur	381.6	1699.0	888	74.76
A_2170	St. Georgen/Mur	346.3	2364.3	878	69.65
A_2400	Zeltweg/Mur	320.5			
A_2700	Leoben/Mur	271.5	4587.3	878	61.81
A_3100	Bruck/Mur	250.1	6210.4	918	60.75
A_3397	Graz/Mur	188.3	7046.7	912	53.13
A_3870	Spielfeld/Mur	144.7	9534.8	920	52.80
A_3902	Mureck/Mur	131.6			
A_2940	Neuberg/Mürz	Zubringer bei km 250.7	230.0	1198	80.64
A_3001	Kindthal/Mürz		726.8	1099	55.09
A_3082	Kapfenberg/ Mürz		1347.1	1052	49.79
A_3670	Voitsberg/ Kainach	Zubringer bei km 169.4	210.2	1015	43.71
A_3701	Lieboch/Kainach		767.1	879	46.09
A_3791	Gleinstätten/Sulm				
A_3856	Leibnitz/Sulm	Zubringer bei km 151.2	1104.1	906	43.53
SI_1060	Gornja Radgona/Mur	114.5	10241.6	914	52.40
SI_1070	Petanjci/Mur	108.3	10382.1	912	53.12
SI_1140	Pristava/ Ščavnica	Zubringer bei km 82.8	274.1	875	26.76
SI_1220	Polana/Ledava		223.3	785	19.87
C_5044	Mursko Središće/Mur	70.7	10942.8	909	52.30
C_5035	Goričan/Mur	37.1	13022.3	884	47.17
C_5026	Jendrašiček /Trnava	Zubringer bei km 31	154.8	819	9.69
H_360	Letenye/Mur	37.1	13022.3	884	48.00
H_364	Tormafölde/Kerka	Zubringer bei km 50.4	968.9	731	18.44

Wie aus Bild 3.6.1 zu erkennen ist, sinkt der Abflussbeiwert entlang des Flusslaufs der Mur.

In den oberen Einzugsgebieten der Mur beträgt der Abflussbeiwert 70 – 80 %, im mittleren Flussabschnitt rund 60 %; mit dem Absinken der Seehöhe des Einzugsgebiets sinkt der Abflussbeiwert. Im südlichen Bereich des Einzugsgebiets beträgt der Abflussbeiwert rund 50 %.

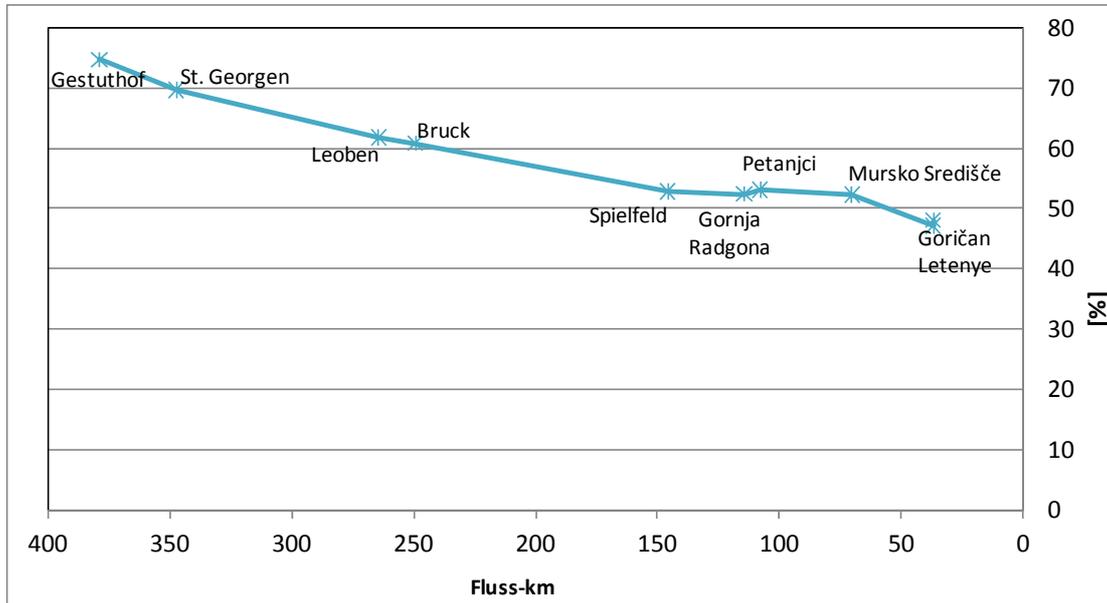


Bild 3.6.1: Längenschnitt des Abflussbeiwerts

Der Abflussbeiwert der Zubringer der Mur ist in Bild 3.6.2 dargestellt. Er sinkt ebenfalls entlang des Flusslaufs der Mur. Die höchsten Beiwerte weisen die nördlicher gelegenen Zubringer auf – die Mürz sowie die Kainach und die Sulm. Am niedrigsten ist der Abflussbeiwert im südlichen Bereich des Einzugsgebiets, wo er 10 - 30 % beträgt; die Trnava hat einen Abflussbeiwert von ca. 10 %.

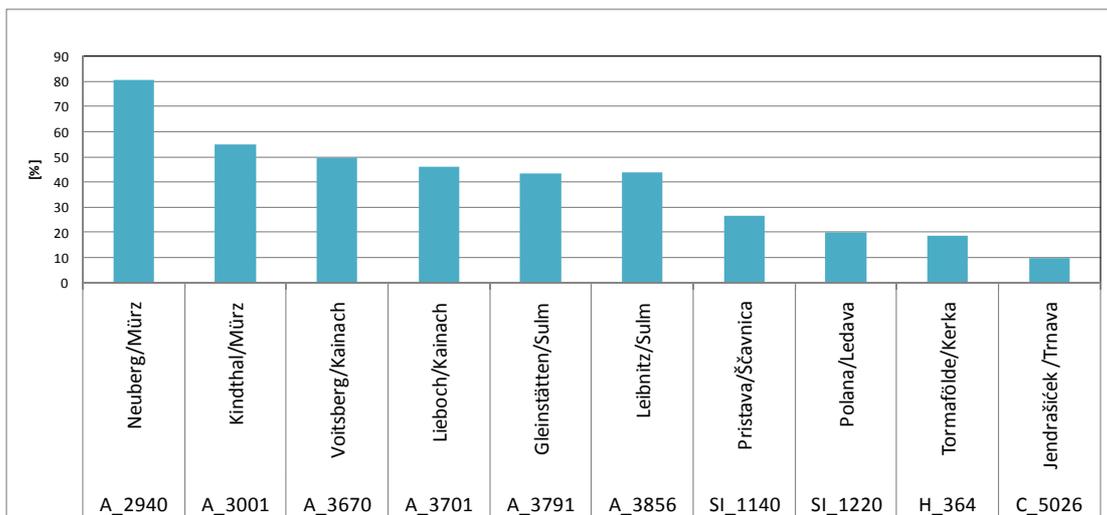


Bild 3.6.2: Abflussbeiwert an den Zubringern zur Mur

## ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Dank der Zusammenarbeit der hydrographischen Dienste der vier an der Studie beteiligten Länder des Einzugsgebiets der Mur wurde eine hydrologische Studie anhand von Durchflussdaten von 24 Pegeln und Niederschlagsdaten von 99 Niederschlagsstationen für den Zeitraum 1961 - 2005 erstellt.

1. Aufgrund der Merkmale des hydrologischen und klimatologischen Regimes kann das Einzugsgebiet in drei Teile eingeteilt werden: Oberlauf der Mur inklusive der Mürz, mittlerer Bereich des Einzugsgebiets inklusive der Sulm und unterer Bereich des Flusslaufs bis zur Einmündung in die Drau.
2. Die saisonalen Durchflussschwankungen teilen das Einzugsgebiet in den Ober-, Mittel- und Unterlauf ein. Das saisonale Durchflussregime der Mur bildet sich im Oberlauf und bleibt bis zur Einmündung in die Drau gleich.
3. Der spezifische Durchfluss und der Abflussbeiwert sinken kontinuierlich und signifikant entlang des Flusslaufs.
4. Die linearen Niederschlagstrends zeigen einen statistisch signifikanten Anstieg im nördlichen Bereich und einen statistisch signifikanten Rückgang im unteren Bereich des Einzugsgebiets.
5. Die linearen Temperaturtrends zeigen einen statistisch signifikanten Anstieg der Temperaturen im unteren Bereich des Einzugsgebiets bei drei von fünf Stationen.
6. Die linearen Durchflusstrends zeigen einen Anstieg der Durchflüsse im nördlichen Bereich des Einzugsgebiets und einen statistisch signifikanten Rückgang im südlichen Bereich des Einzugsgebiets.
7. Eine Analyse der maximalen Durchflüsse zeigt erhebliche Abweichungen zwischen den einzelnen Pegeln entlang des Unterlaufs. Der Grund liegt in den Schlüsselkurven der einzelnen Pegel, vor allem in den Bereichen, wo es im Hochwasserfall zu Ausuferungen in das Vorland kommt. Es wäre empfehlenswert, im Hochwasserfall synchronisierte Messungen der Durchflüsse zu organisieren und die Pegel mit Doppler-Fließgeschwindigkeitsmessern auszustatten, mit denen Änderungen der Wassergeschwindigkeit kontinuierlich gemessen werden können. Auf diese Weise würde man homogenere Daten erhalten.
8. Die durchgeführten statistischen Homogenitätsanalysen und -tests ergeben, dass die Daten aller Pegel – mit Ausnahme des Pegels Letenye – statistisch signifikant homogen sind.
9. Die nichtlinearen Durchflusstrends der Zubringer bestätigen die Aufteilung des Einzugsgebiets nach dem hydrologischen Regime in den Ober-, Mittel- und Unterlauf.

Die Ergebnisse der hydrologischen Studie der Mur bilden eine gute Grundlage für eine weitere koordinierte Zusammenarbeit der Länder im Einzugsgebiet der Mur.

## LITERATUR

Ambach, W., P. Kirchlechner (1986): Nomographs for the determination of meltwater from ice- and snow surfaces by sensible and latent heat. *Wetter und Leben*, 38, 181-189

Amt der Steiermärkischen Landesregierung (1988): Die nutzbaren Wasservorkommen der Steiermark. Steiermark-Information 8. Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung & Institut f. Umweltgeologie und Angewandte Geographie, Graz.

ARSO, 1990. Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije,, 1961-1990. Ljubljana 1990.

<http://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/>

ARSO, 2003. Vodno bogastvo Slovenije, 2003.

[http://www.arso.gov.si/vode/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/vodno\\_bogastvo\\_slovenije.html](http://www.arso.gov.si/vode/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/vodno_bogastvo_slovenije.html)

Bauer, F. (1989): Die unterirdischen Abflußverhältnisse im Dachsteingebiet und ihre Bedeutung für den Karstwasserschutz.- Umweltbundesamt, Reports, UBA-89-28, 73 S., 7 Beil., Wien.

Bauer, F., A. Bernhart, R. Guschlbauer, Ch. Kaiser, H. Stadlbauer, G. Suetter & H. Zetinigg (1995): Die neuen Grundwasserschutzgebiete 1990 – 1995. Berichte der wasserwirtschaftlichen Planung, 77, Graz, (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Landesbaudirektion, Wasserwirtschaftliche Rahmenplanung).

Baumgartner, A., E. Reichel (1983): Der Wasserhaushalt der Alpen; Oldenburg.

Benischke et al.: Wasserversorgungsplan Steiermark – Ein Leitfaden für die öffentliche Wasserversorgung. – Amt der Stmk. LR., FA 19a, Graz 2002 (cum lit.)

Bergmann, H., J. Fank, T. Harum, W. Papesch, D. Rank, G. Richtig & H. Zojer (1996): Abflusskomponenten und Speichereigenschaften, Konzeptionen und Auswertemethoden.- Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, 48, H 1/2, 27-45, Wien - New York (Springer).

Bernhart, L., E. Fabiani, E. Kauderer, H. Zetinigg & J. Zötl (1974): Generalplan der Wasserversorgung Steiermarks (Entwurfsstand 1973).- Berichte der Wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, 29, 202 S Graz (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Landesbaudirektion,

Wasserwirtschaftliche Rahmenplanung).

Bernhart, L., E. Hübl, E. Schubert, E. Fabiani, H. Zetinigg, H. Zojer, E.P. Nemecek & E.P. Kauch (1981): Grundlagen für wasserversorgungswirtschaftliche Planungen in der Südweststeiermark, 5. Teil: Ökologie, Morphologie, Quellaufnahmen, Abfluss, Auswertung.- Berichte der Wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, 57, 141 S Graz (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Landesbaudirektion, Wasserwirtschaftliche Rahmenplanung).

BIOMURA, 2010. Evropski projekt Varstvo biodiverzitet reke Mure v Sloveniji.

<http://www.biomura.si/slo/projekt.aspx>

Bizek, P. (1974): Vergleich der verschiedenen Berechnungsmethoden der Verdunstung mit dem Ziel Verdunstungskarten für Österreich zu erstellen. Diss. Uni. Wien, Inst. f. Met. u. Geoph.

Decker, K., Peresson, H. & Faupl, P. (1993): Die miozäne Tektonik der östlichen Kalkalpen: Kinematik, Paläospannungen und Deformationsaufteilung während der "lateralen Extrusion" der Zentralalpen.- Jb. Geol. B.-A., 137 (1), 5-18, Wien.

Dobesch, H., E. Koch (1992): MARGRID an areal evaporation model for operational use in the Austrian agrometeorological service. Proc.of Conf.on Met.for Agriculture, 61-65, Ljubljana.

Dobesch, H. (1993a): Die Abschätzung der Regionalverdunstung in Ostösterreich. Arch.f.Lagerst.forsch. Geol.B.A., Bd. 14, 71-80.

Erhart-Schippek, W., (1998): Grundwassermodell Schongebietsentwurf für die WVA Hafendorf der Stadtwerke Kapfenberg. INTERNET: Homepage von DI W. Erhart-Schippek.

Fank, J., T. Harum, C. Habsburg-Lothringen & W. Stichler (1999): Agri-environmental measures and water quality in mountain catchments. Final report Agreualp (Austria). - Unveröff. Bericht Inst. f. Hydrogeologie und Geothermie und Inst. f. Technologie und Regionalpolitik der JOANNEUM RESEARCH, 55 S, Graz.

Fank, J. & G. Rock (2000): Grundwasserströmungs- und -transportmodell "Unteres Murtal" zur Erfassung der regionalen Strömungsverhältnisse und der Interaktion von Oberflächengewässern mit dem Grundwasser in einem rezenten Augebiet. Proj. STA 28C/96. Endbericht 3. Projektsjahr, Teil 1. - Unveröff. Bericht, Inst. f. Hydrogeologie und Geothermie JOANNEUM RESEARCH, 110 S., Graz.

Gamerith, W. & H. Stadler (1997): Hydrologische Untersuchungen an der Hochreichartquelle, eine der größten Blockgletscherquellen in den

Niederer Tauern.- Ber. d. wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, 81, 81-89, Graz.

Gattinger, T. (1969): Hydrogeologische Karte der Republik Österreich.- 1:1,000,000, Wien (Geolog. Bundesanstalt).

L. Globevnik, M. Mikoš 2009 Boundary conditions of morphodynamic processes in the Mura River in Slovenia. *Catena* 79 (2009) 265–276.

Grimm, F. (1968): Das Abflussverhalten in Europa – Typen und regionale Gliederung.- *Wiss. Veröff. d. Inst. f. Länderk.*, N.F. 25/26, 18-180.

Gutknecht, D. (1996): Das interdisziplinäre Forschungsprojekt „Kleine Einzugsgebiete“. In: *Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft*, 48 (1/2), 1-5, Wien.

Harum, T. & J. Fank (1992): Hydrograph separation by means of natural tracers. In: HÖTZL, H. & A. WERNER [Editors]: *Tracer Hydrology. Proceedings of the 6th International Symposium on Water Tracing, Karlsruhe, 21-26 September 1992*, 143-148, (Balkema) Rotterdam.

Harum, T. & J. Fank (1995): Determination of the Recharge Area of Springs in an Alpine Region by applying a Model using the Altitude Effects of Specific Discharge and Oxygen-18-Content.- *International Symposium Karst Waters & Environmental Impacts*, 10.-20. September 1995, 40-41, Antalya (Turkey).

Harum, T. & M. Probst (2001): Untersuchung des Speichervermögens verschiedener Gesteinskomplexe in ausgewählten Typuseinzugsgebieten der Steiermark.- *Unveröff. Bericht Institut für Hydrogeologie und Geothermie, JOANNEUM RESEARCH*, Graz.

Haude, W. (1955): Zur Bestimmung der Verdunstung auf möglichst einfache Weise. *Mitt.d.Deutschen Wetterdienstes* Nr.11, Offenbach.

Hofmann, G. (1963): Zum Abbau der Schneedecke. *Arch.Met.Geoph.Biokl.B*, Bd.13, Heft 1, 1-20.

Hubbert, M. K. (1940): The theory of groundwater motion. *J. Geol.* 4, 785-944.

Klaghofer, E. (1991b): Grundwasserbelastungen durch flächenhafte Nitrateinträge. In: *Grundwassersanierung und Nitrat - Wasserwirtschaftliche Fachtage 1991. - Sonderausgabe der Zeitschrift „Förderungsdienst“*, 29-42, Wien.

Kriegl, Ch., Heiss, H.P. & Goldbrunner, J.E. (1999): Hydrogeologie des Semmeringmesozoikums zwischen Fuschgraben und Veitschtal.- *Unveröff. Ber.*, 30 S., Ktn., Gleisdorf (Geoteam Ges.m.b.H.).

- Mader, H., T. Steidl & R. Wimmer (1996): Abflussregime österreichischer Fließgewässer – Beitrag zu einer bundesweiten Fließgewässertypologie.- Monographien Band 82, 192 S, Umweltbundesamt, Wien.
- Matthess, G. & K. Ubell (1983): Lehrbuch der Hydrogeologie. Bd. 1: Allgemeine Hydrogeologie. Grundwasserhaushalt. 438 S, (BORNTRAEGER) Berlin - Stuttgart.
- Maurin, V. & Zötl, J. (1964): Hydrogeologie und Verkarstung der Steiermark.- Atlas der Steiermark, 1:300.000, Graz.
- Mayr, A. (1954): Neue Wege zur Erforschung von Quellen und Karstwässern.- Mitt. d. Höhlenkommission, 1953 (1), 90-96, Wien.
- Meinzer, O. E. (1942): Hydrology, Dover, New York.
- MELIK, A. (1957): Štajerska s Prekmurjem in Mežiško dolino. Ljubljana, 1957.
- Nachtnebel, H.P., Fürst, J. (1986): Grundwasserstudie Mittleres Murtal. Unveröff. Ber. der Universität für Bodenkultur, Wien.
- NYUDUKÖVIZIG (1998): Murai árhullámok katalógusa (Letenye, 1965-1994)/NYUDUKÖVIZIG Hidrológiai Osztály, Adatfeldolgozó és Elemző Csoport.
- NYUDUKÖVIZIG (1972): Összefoglaló jelentés az 1972. július 10-27. között levonult Mura árhullámról, Hidrológiai Csoport.
- NYUDUKÖVIZIG (2005): Hidrometeorológiai tájékoztatók a 2005. augusztus 21-29. / Hidrológiai Csoport.
- Oberhauser, R. (Red., 1980): Der geologische Aufbau Österreichs.- 700 S., Wien (Springer).
- Penman, H.L. (1948): Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc.Roy.Soc. London.
- Penman, H.L. (1956): Evaporation: An introductory survey. Neth. J.Agr.Sc.4.
- Plass, N. (1996): Der Quellkataster der Steiermark, zusammenfassende Darstellung.- Ber. d, wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, 79/2, Graz.
- Prostorski učinki hidromelioracij v dolini reke Ščavnice, 2010. Društvo geografov Pomurja, 2010.

- Reichl, P. & Zojer, H. (1999): Hydrogeologischer Bericht über die Dauerbeobachtung 1998 Projekt „Semmering Basistunnel“.- Unveröff. Bericht Inst. f. Hydrogeologie und Geothermie der JOANNEUM RESEARCH, 47 S, Graz.
- Sándor, M. & Sándor, S. (szerkesztésében) (1990): Magyarország kistájainak katasztere, MTA Földrajzi Kutató Intézet, Budapest.
- Schachtschabel, P., H.-P. Blume, G. Brümmer, K.-H. Hartge & U. Schwertmann (1992): Lehrbuch der Bodenkunde, 491 S., (ENKE) Stuttgart.
- Steidl, T. (1991): Typologie und Abflussverhalten österreichischer Fließgewässer – Hydrologisch-hydrographische Einteilung und regionale Gliederung.- Dipl.-Arb., Institut für Wasserwirtschaft, Univ. f. Bodenkultur.
- Stenitzer, E. (1988): SIMWASER - Ein numerisches Modell zur Simulation des Bodenwasserhaushaltes und des Pflanzenertrages eines Standortes. Mitteilungen aus der Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, 31, Petzenkirchen.
- Strauss, R. (1969): Energiebilanz und Verdunstung eines Fichtenwaldes, Münchner Universitätsschriften, Nr. 22.
- Suette; G. (1998): Landschaftsgliederung der Steiermark. – Unveröff. Ber., Amt der Stmk. LR, FA 3a, Graz (cum lit.)
- Szilágyi, E. (1999): Árvízi előrebecslési segédlet Mura-Radgona-Letenye között mércekapcsolatok alapján/ Szombathely, 1999. július 21.
- Szilágyi, E. (1999): Egyedi árhullámok tetőző hozamának kapcsolata a kiváltó csapadékkal Mura, Letenye/ Szombathely, 1999. május 15.
- Tollmann, A. (1985): Geologie von Österreich (Außerzentralalpiner Teil), Bd. 2, 680 S., Wien (Deuticke).
- Untersweg, Th. & A. Schwendt (1995): Die Quellen der Blockgletscher in den Niederen Tauern.- Ber. d. wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, 78, 76 S., Graz.
- Untersweg, Th., H. Berghold, N. Plass, H. Proske, M. Pöschl & A. Schwendt (2000): Die wasserwirtschaftliche Bedeutung der Blockgletscher in den Niederen Tauern.- Unveröff Bericht, JOANNEUM RESEARCH, Institut für Umweltgeologie und Ökosystemforschung, 127 S, Graz.
- VIZITERV Kft. (november 1999): Kerka-völgyi vízkárelhárítási Koncepcióterv.

- Wakonigg, H. (1970): Witterungsklimatologie der Steiermark, Dissertationen der Universität Graz 3, Verlag Notring, Wien.
- Wakonigg, H. (1978): Witterung und Klima in der Steiermark.- Arbeiten aus dem Institut für Geographie der Universität Graz, H. 23, 473 S, Graz.
- Wundt, W. (1958): Die Kleinstwasserführung der Flüsse als Maß für die verfügbaren Grundwassermengen.- In GRAHMANN: Die Grundwässer in der Bundesrepublik Deutschland und ihre Nutzung.- Forsch. Dtsch. Landeskunde, 104, 47-54, Remagen.
- Zetinigg H., (1988): Grundwasserschutz und -nutzung in der Steiermark. Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung Sonderband 1. 29 S.
- Zetinigg, H., E. Fabiani & H. Stadlbauer (1996): Der Quellkataster der Steiermark, die systematische Kartierung von Quellen.- Ber. d. wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, 79/1 155 S., Graz.
- Zetinigg, H. (1982): Die artesischen Brunnen im steirischen Becken. Mitt. Abt. Geol., Paläont. Und Bergbau, Landesmuseum Joanneum, 45, 211 S., Graz.
- Zetinigg, H. (1999): Die Bedeutung artesischen Wassers für die Wasserversorgung in Österreich.- Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft, 51, 11/12, 320-332, Wien.
- Zetinigg, H., W. Aichelseder, H. Duschek, M. Eder-Paier, G. Figala, H. Frischherz, P. Gortan, E. Hemmers, F. Hohensinn, M. Kanatschnig, H. Krainer, C. Milota, R. Philippitsch, C. Schmid, P. Schurl, F. Überwimmer, O. Vollhofer, T. Weihs, A. Zoderer & H. Zojer (2000): Nutzung artesischer und gespannter Grundwässer. ÖWAV-Regelblatt 211, 60 S., Wien.
- Zojer, H. (1981): Abflussspendenkarte der Koralpe.- Berichte der Wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, 29, 202 S Graz (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Landesbaudirektion, Wasserwirtschaftliche Rahmenplanung).
- Zojer, H. & H. Zetinigg (1987): Beiträge zur Kenntnis der artesischen Wässer im Steirischen Becken. Ber. Wasserwirtsch. Rahmenplanung, 68, 181 S., Graz.
- Zojer, H., H. Bergmann, J. Fank, T. Harum, W. Kollmann & G. Richtig (1996): Charakterisierung des hydrologischen Versuchsgebietes Pöllau.- Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, 48, H 1/2, 5-14, Wien - New York (Springer).

Zötl, J. (1971): Wässer und Gewässer der Steiermark. In: Die Steiermark; Land, Leute, Leistung, S. 96 – 141, Graz.

Zötl, J. (1974): „Die meteorologischen Verhältnisse der Steiermark“ in:  
Generalplan der Wasserversorgung Steiermarks (Entwurfsstand 1973),  
Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Band 29, Graz  
1974.

Zveza vodnih skupnosti Slovenije, 1989. Vodno gospodarske osnove, Ljubljana,  
1989.