

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1. Einleitung</b>	
10	
1.1. Aufgabenstellung und Zielsetzung	10
1.2. Das Untersuchungsgebiet	10
<b>2. Das Stationsnetz</b>	12
2.1. Lage und spezifische Parameter der Pegelstationen und ihrer Einzugsgebiete	12
2.2. Messungen an den Pegelstationen	19
2.2.1. Die Aufzeichnung des Wasserstandes	19
2.2.2. Die Abflussmessung	21
<b>3. Dateneingabe und Aufbereitung</b>	22
3.1. Digitalisierarbeit	22
3.2. Schlüsselkurven und Abflussganglinien	24
<b>4. Datenauswertung und Interpretation</b>	33
4.1. Hydrologische Parameter und Dauerlinien	33
4.2. Die Hochwasserstatistik	48
4.3 Trendanalyse	54
4.3.1. Vergleich der Jahresmittelwerte des Abflusses	54
4.3.2. Vergleich der Jahregänge des Abflusses	64
<b>5. Schlussfolgerungen</b>	67
<b>6. Literaturverzeichnis</b>	68
<b>7. Anhang I- XII (Wasserstands- und Abflussganglinien)</b>	70
<b>Beilage: CD-ROM</b>	

## Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1: Übersichtskarte der Pegelstationen	13
Abbildung 2: Übersichtskarte der Einzugsgebiete	14
Abbildung 3: Die Pegelstation MS2	15
Abbildung 4: Orographisches Einzugsgebiet der Station MS2	15
Abbildung 5: Die Pegelstation MF2	15
Abbildung 6: Orographisches Einzugsgebiet der Station MF2	15
Abbildung 7: Die Pegelstation MFT	15
Abbildung 8: Orographisches Einzugsgebiet der Station MFT	15
Abbildung 9: Die Pegelstation MI1	16
Abbildung 10: Orographisches Einzugsgebiet der Station MI1	16
Abbildung 11: Die Pegelstation MI2	16
Abbildung 12: Orographisches Einzugsgebiet der Station MI2	16
Abbildung 13: Die Pegelstation MI3	16
Abbildung 14: Orographisches Einzugsgebiet der Station MI3	16
Abbildung 15: Die Pegelstation ML1	17
Abbildung 16: Orographisches Einzugsgebiet der Station ML1	17
Abbildung 17: Die Pegelstation ML2	17
Abbildung 18: Orographisches Einzugsgebiet der Station ML2	17
Abbildung 19: Die Pegelstation ML5	17
Abbildung 20: Orographisches Einzugsgebiet der Station ML5	17
Abbildung 21: Die Pegelstation ME1	18
Abbildung 22: Orographisches Einzugsgebiet der Station ME1	18
Abbildung 23: Die Pegelstation ME2	18
Abbildung 24: Orographisches Einzugsgebiet der Station ME2	18
Abbildung 25: Die Pegelstation ME3	18
Abbildung 26: Orographisches Einzugsgebiet der Station ME3	18
Abbildung 27: Schema eines mechanischen Registriergerätes (DYCKE/PESCHKE 1995)	20
Abbildung 28: Aufnahme eines mechanischen Registriergerätes (Steiermärkische Landesregierung)	20
Abbildung 29: Mechanische Schreibpegelstation (DYCKE/PESCHKE 1995)	20
Abbildung 30: Pneumatische Pegelstation (DYCKE/PESCHKE 1995)	21
Abbildung 31: Messstreifen	23
Abbildung 32: Schlüsselkurve der Station MS2	26
Abbildung 33: Schlüsselkurve der Station MF2	27
Abbildung 34: Schlüsselkurve der Station MFT	27
Abbildung 35: Schlüsselkurve der Station MI1	28
Abbildung 36: Schlüsselkurve der Station MI2	28
Abbildung 37: Schlüsselkurve der Station MI3	29
Abbildung 38: Schlüsselkurve der Station ML1	29
Abbildung 39: Schlüsselkurve der Station ML2	30
Abbildung 40: Schlüsselkurve der Station ML5	30
Abbildung 41: Schlüsselkurve der Station ME1	31
Abbildung 42: Schlüsselkurve der Station ME2	31
Abbildung 43: Schlüsselkurve der Station ME3	32
Abbildung 44: Dauerlinien und Hüllkurven der Station MS2	36
Abbildung 45: Dauerlinien und Hüllkurven der Station MF2	37
Abbildung 46: Dauerlinien und Hüllkurven der Station MFT	38

Abbildung 47: Dauerlinien und Hüllkurven der Station MI1	39
Abbildung 48: Dauerlinien und Hüllkurven der Station MI2	40
Abbildung 49: Dauerlinien und Hüllkurven der Station MI3	41
Abbildung 50: Dauerlinien und Hüllkurven der Station ML1	42
Abbildung 51: Dauerlinien und Hüllkurven der Station ML2	43
Abbildung 52: Dauerlinien und Hüllkurven der Station ML5	44
Abbildung 53: Dauerlinien und Hüllkurven der Station ME1	45
Abbildung 54: Dauerlinien und Hüllkurven der Station ME2	46
Abbildung 55: Dauerlinien und Hüllkurven der Station ME3	47
Abbildung 56: Hochwasserstatistik der Station MS2	50
Abbildung 57: Hochwasserstatistik der Station MF2	50
Abbildung 58: Hochwasserstatistik der Station MFT	50
Abbildung 59: Hochwasserstatistik der Station MI1	51
Abbildung 60: Hochwasserstatistik der Station MI2	51
Abbildung 61: Hochwasserstatistik der Station MI3	51
Abbildung 62: Hochwasserstatistik der Station ML1	52
Abbildung 63: Hochwasserstatistik der Station ML2	52
Abbildung 64: Hochwasserstatistik der Station ML5	52
Abbildung 65: Hochwasserstatistik der Station ME1	53
Abbildung 66: Hochwasserstatistik der Station ME2	53
Abbildung 67: Hochwasserstatistik der Station ME3	53
Abbildung 68: Jahresmittelwerte der Station MS2	58
Abbildung 69: Jahresmittelwerte der Station MF2	58
Abbildung 70: Jahresmittelwerte der Station MFT	59
Abbildung 71: Jahresmittelwerte der Station MI1	59
Abbildung 72: Jahresmittelwerte der Station MI2	60
Abbildung 73: Jahresmittelwerte der Station MI3	60
Abbildung 74: Jahresmittelwerte der Station ML1	61
Abbildung 75: Jahresmittelwerte der Station ML2	61
Abbildung 76: Jahresmittelwerte der Station ML5	62
Abbildung 77: Jahresmittelwerte der Station ME1	62
Abbildung 78: Jahresmittelwerte der Station ME2	63
Abbildung 79: Jahresmittelwerte der Station ME3	63
Abbildung 80: Jahrgang der Abflussmittelwerte 2001, 1975-2001 und 1989	65
Abbildung 81: Monatsmittelwerte des Niederschlages, Station Tragöß 2001, 1975-2001 und 1989	65
Abbildung 82: Jahrgang der Abflussmittelwerte 1975-1992 und 1993-2001	66

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Spezifische Parameter der Station MS2	15
Tabelle 2: Spezifische Parameter der Station MF2	15
Tabelle 3: Spezifische Parameter der Station MFT	15
Tabelle 4: Spezifische Parameter der Station MI1	16
Tabelle 5: Spezifische Parameter der Station MI2	16
Tabelle 6: Spezifische Parameter der Station MI3	16
Tabelle 7: Spezifische Parameter der Station ML1	17

Tabelle 8: Spezifische Parameter der Station ML2	17
Tabelle 9: Spezifische Parameter der Station ML5	17
Tabelle 10: Spezifische Parameter der Station ME1	18
Tabelle 11: Spezifische Parameter der Station ME2	18
Tabelle 12: Spezifische Parameter der Station ME3	18
Tabelle 13: Die auszuwertenden hydrologischen Parameter	
33	
Tabelle 14: Hydrologische Parameter der Station MS2	36
Tabelle 15: Hydrologische Parameter der Station MF2	37
Tabelle 16: Hydrologische Parameter der Station MFT	38
Tabelle 17: Hydrologische Parameter der Station MI1	39
Tabelle 18: Hydrologische Parameter der Station MI2	40
Tabelle 19: Hydrologische Parameter der Station MI3	41
Tabelle 20: Hydrologische Parameter der Station ML1	42
Tabelle 21: Hydrologische Parameter der Station ML2	43
Tabelle 22: Hydrologische Parameter der Station ML5	44
Tabelle 23: Hydrologische Parameter der Station ME1	45
Tabelle 24: Hydrologische Parameter der Station ME2	46
Tabelle 25: Hydrologische Parameter der Station ME3	47
Tabelle 26: Hochwasserstatistik der Station MS2	50
Tabelle 27: Hochwasserstatistik der Station MF2	50
Tabelle 28: Hochwasserstatistik der Station MFT	50
Tabelle 29: Hochwasserstatistik der Station MI1	51
Tabelle 30: Hochwasserstatistik der Station MI2	51
Tabelle 31: Hochwasserstatistik der Station MI3	51
Tabelle 32: Hochwasserstatistik der Station ML1	52
Tabelle 33: Hochwasserstatistik der Station ML2	52
Tabelle 34: Hochwasserstatistik der Station ML5	52
Tabelle 35: Hochwasserstatistik der Station ME1	53
Tabelle 36: Hochwasserstatistik der Station ME2	53
Tabelle 37: Hochwasserstatistik der Station ME3	53
Tabelle 38A: Menge der jährlichen Wasserentnahme [m <sup>3</sup> ]	56
Tabelle 38B: Menge der jährlichen Wasserentnahme [m <sup>3</sup> /sek.]	56
Tabelle 39: Verhältniszahlen der mittleren Abflüsse ausgewählter Stationen vor und nach 1993	57
Tabelle 40: Jahresmittelwerte der Station MS2	58
Tabelle 41: Jahresmittelwerte der Station MF2	58
Tabelle 42: Jahresmittelwerte der Station MFT	59
Tabelle 43: Jahresmittelwerte der Station MI1	59
Tabelle 44: Jahresmittelwerte der Station MI2	60
Tabelle 45: Jahresmittelwerte der Station MI3	60
Tabelle 46: Jahresmittelwerte der Station ML1	61
Tabelle 47: Jahresmittelwerte der Station ML2	61
Tabelle 48: Jahresmittelwerte der Station ML5	62
Tabelle 49: Jahresmittelwerte der Station ME1	62
Tabelle 50: Jahresmittelwerte der Station ME2	63
Tabelle 51: Jahresmittelwerte der Station ME3	63

# 1. Einleitung

## 1.1. Aufgabenstellung und Zielsetzung

Zwischen 1970 und 1991 wurde im Bereich Hochschwab-Süd ein Sondermessnetz von Quell- und Abflusspegeln eingerichtet. Es dient vor allem zur Beweissicherung der Wasserentnahme durch die Zentralwasserversorgung Hochschwab-Süd (ZWHS), dabei handelt es sich um etwa 30 Pegelstation. Die Betreuung der Stationen, sie besteht aus Streifenwechsel, Instandhaltungsarbeiten sowie Abflussmessungen, wurde von unterschiedlichen Institutionen durchgeführt, involviert waren die Fachabteilung 3a (jetzt 19a) der Steiermärkischen Landesregierung, die ZWHS sowie das Joanneum Research. Durch eine erste Vorauswahl, getroffen durch die Fachabteilung 19a, wurde die Zahl der auszuwertenden Stationen auf 13 begrenzt. Im Laufe der Arbeiten schied eine weitere Pegelstation (MEKF, Eisenerz) aufgrund fehlerhafter Aufzeichnungen der Untersuchungsreihe aus.

Ziel der Diplomarbeit ist es, die einzelnen Stationen hinsichtlich wichtiger hydrographischer Parameter wie Abflusswerte (MQ, NQ und HQ), Hochwasserstatistiken und Dauerlinien auszuwerten, weiter wird versucht eine Trendanalyse bezüglich der Abflusseigenschaften im Bereich Hochschwab-Süd zu erstellen. Die Aufgabenschritte bestehen, wie bereits aus dem Titel der Arbeit zu entnehmen ist, aus der Dateneingabe, Datenaufbereitung, Auswertung und Interpretation. Die Arbeit soll eine wertvolle Grundlage für die Aufgaben des hydrographischen Dienstes, vor allem bei der Gutachtenerstellung in diesem Bereich, aber auch für die Interessen der ZWHS darstellen.

## 1.2. Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst das Hochschwabmassiv im speziellen dessen Südseite. Das Hochschwabmassiv befindet sich im Norden der Steiermark, es ist teil der **Nördlichen Kalkalpen**. Es erreicht mit dem Hochschwab eine maximale Seehöhe von 2277 Metern.

Es besteht zu 83% aus **Karbonat- und Lockersedimentgesteinen**. Aufgrund guter Verkarstungsfähigkeit der Hauptgesteinsbildner erfolgt der überwiegende Teil der Entwässerung unterirdisch. Teilweise Oberirdische Entwässerung erfolgt, wo engklüftige und dadurch weniger wasserwegige Dolomite dominieren. Die über 1000m mächtigen Karbonatgesteine lagern auf **undurchlässige Schiefer**, wobei diese muldenförmig gelagert sind. Dies begünstigt die unterirdische Speicherung der einsickernden Niederschlagswässer in Form eines zusammenhängenden Karstwasserkörpers (FABIANI/WEISSENSTEINER/WAKONIGG 1980).

Das Hochschwabmassiv zählt mit Ausnahme der südlichen Ausläufer und Vorzonen zum **Nordstaugebiet** der Ostalpen, wodurch das Niederschlagsgeschehen zu einem Gutteil durch Stau- (Luv-) und Föhn- (Lee-) Effekten bestimmt wird. Dies bewirkt unter anderem eine hohe Anzahl von Niederschlagstagen (wenigstens 130 am Südfuß und bis zu 190 in den Hochzonen) und reichliche durchschnittliche Jahresniederschlagsmengen. Die mittleren Jahresmengen reichen von wenigstens 1400mm in den Tälern der Nordseite bis zu 2000mm in den Hochzonen, mit 1000mm verzeichnet der Südfuß die niedrigsten Niederschlagsmittel.

Die Vegetation des Hochschwabgebietes gehört dem Typ der Nördlichen Kalkalpen an mit einer bis etwa 1000 m Seehöhe reichenden Buchenstufe (vielfach Fichtenforste), einem Fichten-Buchen Voralpenwald bis 1300 bzw. 1400m und einer eigentlichen Fichtenstufe mit Lärchen bis zur Waldgrenze.

Die Waldgrenze liegt mit 1600m auf der Nordseite auffallend niedrig. Auf der Südseite überschreitet die Waldgrenze zwar die 1600m Marke, jedoch erreichen geschlossene Waldbestände in keinem Bereich des Hochschwabmassives 1700m. Die höher liegende Krummholzregion ist in Form von großflächigen Latschenfeldern ausgebildet, parallel dazu bzw. darüber liegt eine gut entwickelte Alpenmattenstufe mit alpinen Polsterseggen. Ab der 2000m Grenze dominiert der nackte Fels (WAKONIGG 1978).

## **2. Das Stationsnetz**

### **2.1. Lage und spezifische Parameter der Pegelstationen und ihrer Einzugsgebiete**

An dieser Stelle möchte ich noch einmal hervorheben, dass es sich bei dem Hydrographischen Sondermessnetz Hochschwab- Süd um ein Netz von Quell- und Abflusspegel handelt, dessen Aufgabe in einer kontinuierlichen Aufzeichnung des Wasserstandes liegt.

Im Folgenden werden die genaue Lage sowie wichtige Parameter jeder Station beschrieben. Die Pegelstationen werden anhand von Fotos, Karten der Einzugsgebiete und Tabellen mit den wichtigsten Parametern vorgestellt. Die Aufzählung richtet sich nach der jeweiligen HD-Nummer (Nummer des Hydrographischen Dienstes). In den Tabellen ist der Name der Station, die HD- Nummer, der Gewässername, der Aufzeichnungsbeginn, die Größe des Einzugsgebietes in km<sup>2</sup>, die Gerinnelänge in km, die Gerinnetichte in km/km<sup>2</sup>, die Seehöhe und das Niederschlagsmittel in mm aufgelistet. Die Niederschlagsmittel beziehen sich auf das Einzugsgebiet und nicht auf die Pegelstation, berechnet wurden sie über Höhenklassen. Da der Niederschlag mit der Höhe zunimmt, kann man über das angegebene Niederschlagsmittel Rückschlüsse auf das Einzugsgebiet ziehen, d.h. je höher das Mittel desto mehr Fläche des Einzugsgebietes befindet sich in höheren Lagen.

Die im folgenden graphisch dargestellten Einzugsgebiete sind sogenannte orographische Einzugsgebiete, durch die starke Verkarstung im Untersuchungsgebiet können z.T. größere Unterschiede zu den tatsächlichen Einzugsgebieten auftreten. Als Beispiel seien hier die Stationen MI1, MI2, und MI3 genannt. Das im oberen Bereich der Karte dargestellte Gewässer versiegt und wird somit unterirdisch abgeleitet, daher hat es keinen Einfluss auf die Messungen seines Einzugsgebietes, wird jedoch den Stationen zugeordnet. Auf der beigelegten CD-ROM befinden sich weitere Informationen bezüglich Höhenklassen, Neigungsklassen und Landnutzungsformen, wiederum getrennt nach Stationen. Auf eine detaillierte Aufzählung möchte ich hier verzichten, da ein unmittelbarer Zusammenhang mit der Fragestellung nicht besteht.

Die Lage der einzelnen Pegelstationen ist in der Abb. 1 dargestellt.



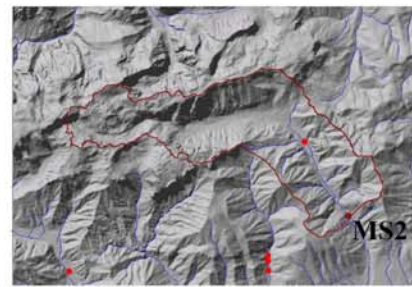






Abb.3: Die Pegelstation MS2

## Station MS2



Datengrundlage: Digitales Höhenmodell der Steiermärkischen Landesregierung

Abb.4: Orographisches Einzugsgebiet der Station MS2

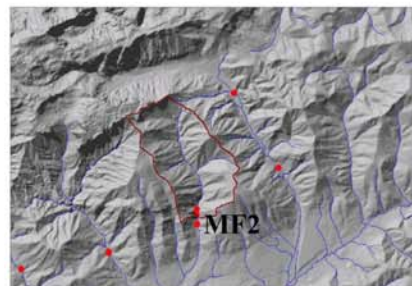
Stationsbezeichnung:	MS 2	HD- Nummer:	ow6320	Gewässer:	Seebach
Aufzeichnungsbeginn:	01.07.1981	Einzugsgebiet [km <sup>2</sup> ]:	37,9	Seehöhe [m]:	830
Gerinnelänge [km]:	17,0	Gerinnedichte [km/km <sup>2</sup> ]:	0,4	Niederschlagsmittel [mm]:	1411

Tab.1: Spezifische Parameter der Station MS2



Abb.5: Die Pegelstation MF2

## Station MF2



Datengrundlage: Digitales Höhenmodell der Steiermärkischen Landesregierung

Abb.6: Orographisches Einzugsgebiet der Station MF2

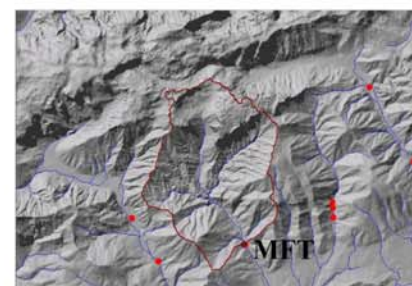
Stationsbezeichnung:	MF 2	HD- Nummer:	ow6340	Gewässer:	Feistringbach
Aufzeichnungsbeginn:	01.07.1982	Einzugsgebiet [km <sup>2</sup> ]:	12,5	Seehöhe [m]:	797
Gerinnelänge [km]:	8,1	Gerinnedichte [km/km <sup>2</sup> ]:	0,7	Niederschlagsmittel [mm]:	1267

Tab.2: Spezifische Parameter der Station MF2



Abb.7: Die Pegelstation MFT

## Station MFT



Datengrundlage: Digitales Höhenmodell der Steiermärkischen Landesregierung

Abb.8: Orographisches Einzugsgebiet der Station MFT

Stationsbezeichnung:	MFT	HD- Nummer:	ow6350	Gewässer:	Fölbach
Aufzeichnungsbeginn:	01.07.1981	Einzugsgebiet [km <sup>2</sup> ]:	28,1	Seehöhe[m]:	721
Gerinnelänge [km]:	16,3	Gerinnedichte [km/km <sup>2</sup> ]:	0,6	Niederschlagsmittel [mm]:	1276

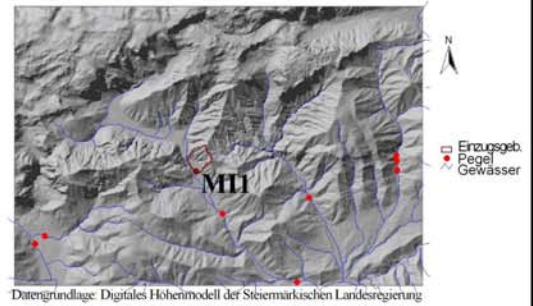
Tab.3: Spezifische Parameter der Station MFT





Abb.9: Die Pegelstation MI1

## Station MI1



Datengrundlage: Digitales Höhenmodell der Steiermärkischen Landesregierung

Abb.10: Orographisches Einzugsgebiet der Station MI1

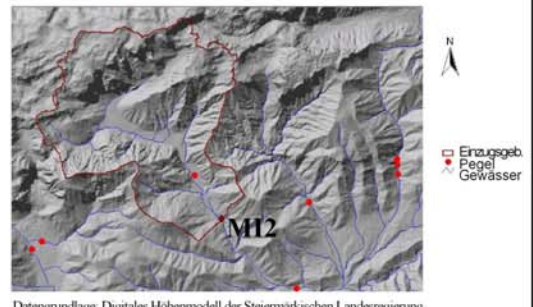
Stationsbezeichnung:	MI1	HD- Nummer:	ow6360	Gewässer:	Ilgenerbach
Aufzeichnungsbeginn:	01.11.1970	Einzugsgebiet [km <sup>2</sup> ]:	0,7	Seehöhe [m]:	780
Gerinnelänge [km]:	0,3	Gerinnedichte [km/km <sup>2</sup> ]:	0,4	Niederschlagsmittel [mm]:	1167

Tab.4: Spezifische Parameter der Station MI1



Abb.11: Die Pegelstation MI2

## Station MI2



Datengrundlage: Digitales Höhenmodell der Steiermärkischen Landesregierung

Abb.12: Orographisches Einzugsgebiet der Station MI2

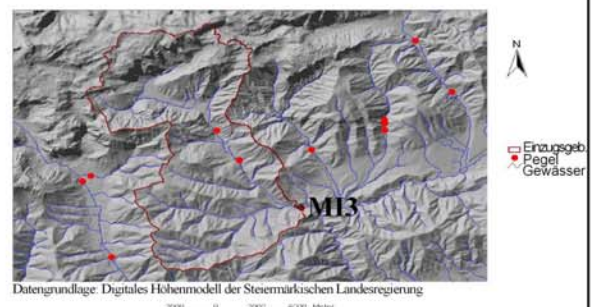
Stationsbezeichnung:	MI2	HD- Nummer:	ow6380	Gewässer:	Ilgenerbach
Aufzeichnungsbeginn:	01.04.1974	Einzugsgebiet [km <sup>2</sup> ]:	46,3	Seehöhe [m]:	736
Gerinnelänge [km]:	24,3	Gerinnedichte [km/km <sup>2</sup> ]:	0,5	Niederschlagsmittel [mm]:	1381

Tab.5: Spezifische Parameter der Station MI2



Abb.13: Die Pegelstation MI3

## Station MI3



Datengrundlage: Digitales Höhenmodell der Steiermärkischen Landesregierung

Abb.14: Orographisches Einzugsgebiet der Station MI3

Stationsbezeichnung:	MI3	HD- Nummer:	ow6390	Gewässer:	Ilgenerbach
Aufzeichnungsbeginn:	01.12.1991	Einzugsgebiet [km <sup>2</sup> ]:	86,1	Seehöhe [m]:	643
Gerinnelänge [km]:	67,3	Gerinnedichte [km/km <sup>2</sup> ]:	0,8	Niederschlagsmittel [mm]:	1232

Tab.6: Spezifische Parameter der Station MI3





Abb.15: Die Pegelstation ML1

### Station ML1

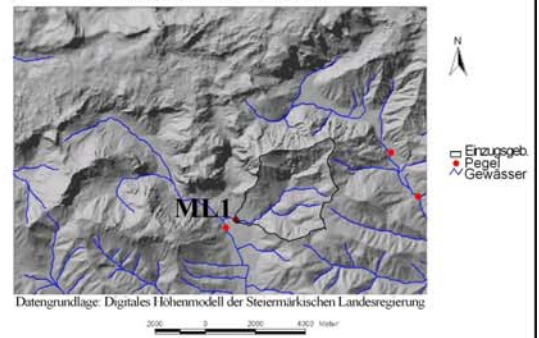


Abb.16: Orographisches Einzugsgebiet der Station ML1

Stationsbezeichnung:	ML1	HD- Nummer:	ow6410	Gewässer:	Haringbach
Aufzeichnungsbeginn:	01.04.1981	Einzugsgebiet [km <sup>2</sup> ]:	10,6	Seehöhe [m]:	759
Gerinnelänge [km]:	6,8	Gerinnedichte [km/km <sup>2</sup> ]:	0,6	Niederschlagsmittel [mm]:	1242

Tab.7: Spezifische Parameter der Station ML1



Abb.17: Die Pegelstation ML2

### Station ML2



Abb.18: Orographisches Einzugsgebiet der Station ML2

Stationsbezeichnung:	ML2	HD- Nummer:	ow6440	Gewässer:	Lamingbach
Aufzeichnungsbeginn:	01.07.1981	Einzugsgebiet [km <sup>2</sup> ]:	66,4	Seehöhe [m]:	748
Gerinnelänge [km]:	20,4	Gerinnedichte [km/km <sup>2</sup> ]:	0,3	Niederschlagsmittel [mm]:	1411

Tab.8: Spezifische Parameter der Station ML2



Abb.19: Die Pegelstation ML5

### Station ML5

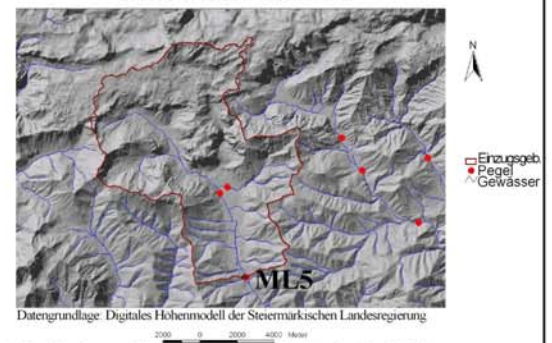


Abb.20: Orographisches Einzugsgebiet der Station ML5

Stationsbezeichnung:	ML5	HD- Nummer:	ow6450	Gewässer:	Lamingbach
Aufzeichnungsbeginn:	01.01.1985	Einzugsgebiet [km <sup>2</sup> ]:	86,9	Seehöhe [m]:	733
Gerinnelänge [km]:	44,9	Gerinnedichte [km/km <sup>2</sup> ]:	0,5	Niederschlagsmittel [mm]:	1340

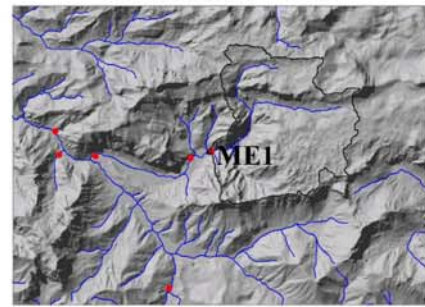
Tab.9: Spezifische Parameter der Station ML5





Abb.21: Die Pegelstation ME1

### Station ME1



Datengrundlage: Digitales Höhenmodell der Steiermärkischen Landesregierung

0 2000 4000 Meter

Abb.22: Orographisches Einzugsgebiet der Station ME1

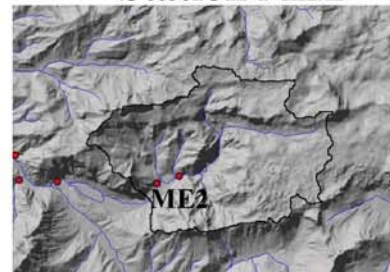
Stationsbezeichnung:	ME1	HD- Nummer:	ow6510	Gewässer:	Hinterseeaubach
Aufzeichnungsbeginn:	01.07.1981	Einzugsgebiet [km <sup>2</sup> ]:	24,8	Seehöhe [m]:	663
Gerinnelänge [km]:	11,6	Gerinnedichte [km/km <sup>2</sup> ]:	0,5	Niederschlagsmittel [mm]:	1581

Tab.10: Spezifische Parameter der Station ME1



Abb.23: Die Pegelstation ME2

### Station ME2



Datengrundlage: Digitales Höhenmodell der Steiermärkischen Landesregierung

0 1 2 3 4 Kilometer

Abb.24: Orographisches Einzugsgebiet der Station ME2

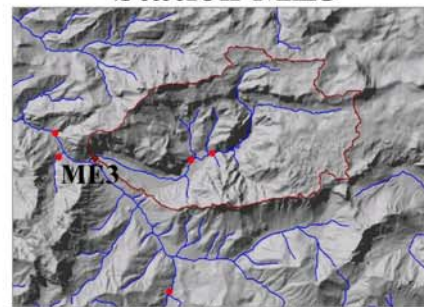
Stationsbezeichnung:	ME2	HD- Nummer:	ow6520	Gewässer:	Seeaubach
Aufzeichnungsbeginn:	01.07.1981	Einzugsgebiet [km <sup>2</sup> ]:	15,5	Seehöhe [m]:	643
Gerinnelänge [km]:	15,5	Gerinnedichte [km/km <sup>2</sup> ]:	0,4	Niederschlagsmittel [mm]:	1306

Tab.11: Spezifische Parameter der Station ME2



Abb.25: Die Pegelstation ME3

### Station ME3



Datengrundlage: Digitales Höhenmodell der Steiermärkischen Landesregierung

0 2000 4000 Meter

Abb.26: Orographisches Einzugsgebiet der Station ME3

Stationsbezeichnung:	ME3	HD- Nummer:	ow6530	Gewässer:	Seeaubach aus Leopoldsteinersee
Aufzeichnungsbeginn:	01.07.1981	Einzugsgebiet [km <sup>2</sup> ]:	43,1	Seehöhe [m]:	619
Gerinnelänge [km]:	23,0	Gerinnedichte [km/km <sup>2</sup> ]:	0,5	Niederschlagsmittel [mm]:	1543

Tab.12: Spezifische Parameter der Station ME3

## 2.2. Messungen an den Pegelstationen

### 2.2.1. Die Aufzeichnung des Wasserstandes

Jeder Pegel besteht aus drei wesentlichen Bestandteilen: es sind dies ein baulich hergestellter Querschnitt, eine Pegellatte und eine Schreibpegelstation. Der baulich hergestellte **Querschnitt** bietet ein über die gesamte Messperiode gleichbleibendes Profil, dessen Fläche einfach zu berechnen ist. Die konstruktiven Ausführungen erstrecken sich von reinen Betonkonstruktionen über Mischkonstruktionen aus Beton, Metall und Holz bis hin zu reinen Holzkonstruktionen. Die jeweilige Ausführung ist anhand der Fotos der einzelnen Stationen in Kapitel 2.1. erkennbar.

Die **Pegellatte** dient zur visuellen Ablesung des Wasserstandes, sie wird sowohl für die Flügelmessung (siehe Kapitel 2.2.2.) als auch zur Justierung des Schreibers auf den Messstreifen benötigt. Jede Pegellatte besitzt eine E-Einteilung, wobei die Balkenbreite 2cm beträgt, der Wasserstand kann somit mit einer Genauigkeit von 1 cm abgelesen werden.

Die **Schreibpegelstation** dient zur kontinuierlichen Aufzeichnung der Höhe des Wasserstandes als kontinuierliche Funktion der Zeit. Mit einer Ausnahme sind alle Stationen mit sogenannten mechanischen Schwimmerschreibpegel ausgestattet, lediglich die Station ME1 ist mit einem pneumatischen Pegel und Drucksonde ausgerüstet. Das Prinzip einer Schreibpegelstation sowie jenes eines mechanischen Schreibpegels sind in den Abb. 27-29 veranschaulicht.

In Abb.27 ist ersichtlich, dass die Wasserspiegelschwankungen vom Schwimmer (1) über das Schwimmerseil (2) auf das Schwimmerrad (3) übertragen werden. Das Schwimmerseil wird durch das Gegengewicht (4) gespannt. Die Drehungen der Schwimmerradachse bewirken über Kegel- (5) und Wechsellräder (6) die Drehung der Spindel (7). In den Gewinderillen der Spindel gleiten ein Mitnehmer (8), der den Schreibarm (9) und die auswechselbare Feder (10) trägt. Ein mechanisch getriebenes Uhrwerk (11) bewegt über ein Getriebe (12) die Schreibtrommel (13), auf der sich das Diagrammpapier zur Aufnahme der Wasserstandsganglinie befindet. (DYCK/ PESCHKE 1995, 90).

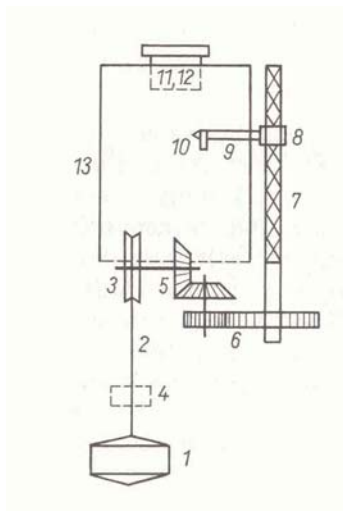


Abb.27: Schema eines mechanischen Registriergerätes,  
Erklärung der Ziffern im Text (aus DYCK/PESCHKE 1995)



Abb.28: Aufnahme eines mechanischen Registriergerätes  
Quelle: Steiermärkische Landesregierung FA 19a

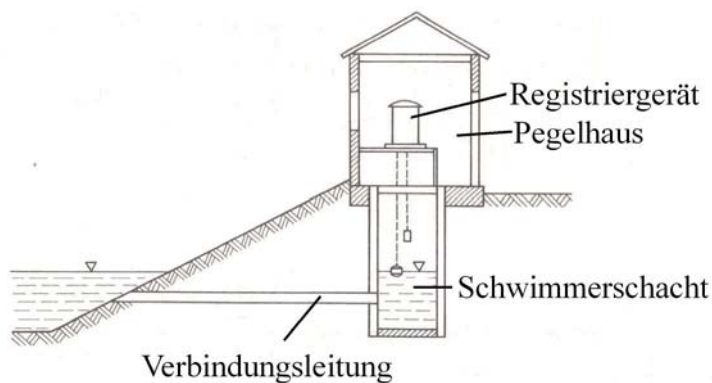


Abb.29: Mechanische Schreibpegelstation (aus DYCK/PESCHKE 1995)

Pneumatische Pegel (Abb. 30) haben als Messwertgeber eine nach unten offene Messleitung, deren unterer Rand zweckmäßigerweise mit Pegelnull identisch gelegt wird. In die Leitung wird Luft eingedrückt, die einer Druckflasche (1) oder einem Kompressor entnommen wird. Sie gelangt über einen Druckminderer (2), eine Regelarmatur (3) zur Einstellung der austretenden Luftmenge und ein Schauglas (4) zur Durchflussanzeige in die Rohrleitung, über deren unteres Ende sie ausperlt („Luftblasenpegel“). Nach der Beziehung  $p = \rho \cdot g \cdot W$  steht diese Luft unter einem Druck  $p$ , der dem Wasserstand ( $W$ ) proportional ist und im Wirkdruckempfänger (5) gemessen wird ( $\rho$  Dichte des Wassers,  $g$  Erdbeschleunigung). Schwankungen des Wasserstands erzeugen somit Druckschwankungen die auf einer Schreibtrommel aufgezeichnet werden (DYCK/PESCHKE 1995, S91).

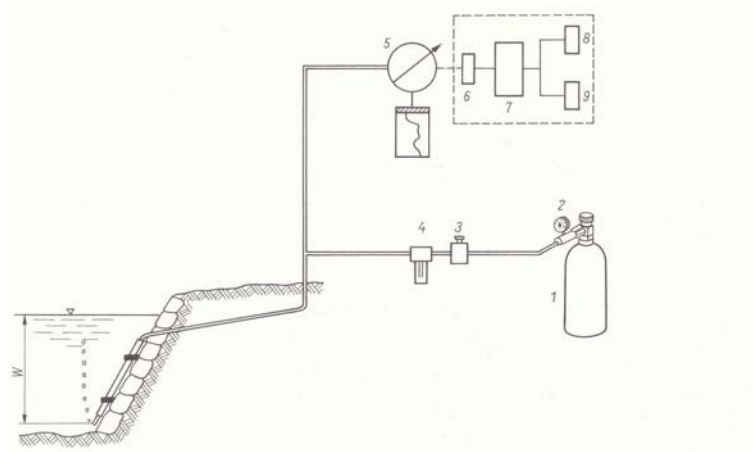


Abb.30: Pneumatische Pegelstation, Erklärung der Ziffern im Text (aus DYCK/ PESCHKE 1995)

## 2.2.2. Die Abflussmessung

Wesentlicher Bestandteil der Messungen sind, neben der oben beschriebenen kontinuierlichen Aufzeichnung des Wasserstands mit dem Ergebnis einer Wasserstandsganglinie, regelmäßige Abflussmessungen. Sie erfolgen seit der Einrichtung des Sondermessnetzes und werden im Durchschnitt alle 2 Monate ausgeführt. Der Abfluss [Q] ist eine Funktion aus Querschnittsfläche [A] und Geschwindigkeit [v]. Die Querschnittsflächen sind anhand der konstruktiven Ausführungen leicht zu berechnen und stellen somit einen Vorteil gegenüber Naturprofilen dar. Die Fließgeschwindigkeiten werden mittels einer sogenannten Flügelmessung gewonnen. Bei der Flügelmessung wird der Messquerschnitt in mehrere Lamellen unterteilt. Für diese Lamellen wird jeweils die Geschwindigkeit knapp unter der Wasseroberfläche und in einer Höhe von 0,38m über der Sohle mittels einem an einer Stange angebrachten Messflügel ermittelt. Ziel ist es, die mittlere Fließgeschwindigkeit [ $v_m$ ] zu gewinnen, diese wird mittels der Formel nach KREPS berechnet, sie lautet:

$$v_m = 0,634 * v_{0,38} + 0,31 * v_o.$$

$v_m$ : mittlere Fließgeschwindigkeit

$v_{0,38}$ : Fließgeschwindigkeit 0,38m oberhalb der Sohle

$v_o$ : Fließgeschwindigkeit knapp unterhalb der Gewässeroberfläche.

Die Ergebnisse der Abflussmessungen dienen als Grundlage für die Erstellung der Pegelschlüsselkurven, siehe Kapitel 3.2..



## **3. Dateneingabe und Aufbereitung**

### **3.1. Digitalisierarbeit**

Zu Beginn der Diplomarbeit stand die Dateneingabe. Dies ergaben sich aus der Vorgabe seitens der Steiermärkischen Landesregierung die vom Hydrographischen Dienst verwendete Software HYDAMS einzusetzen, sowie der Tatsache, dass das Rohdatenmaterial analog vorlag. Die Rohdaten lagen in Form von sogenannten Messstreifen (Abb. 31), auf denen die bei der Messung gewonnenen Wasserstandsganglinien aufgezeichnet sind, vor. Dabei handelt es sich um ein Diagrammpapier im Format A3. Auf der Ordinatenachse ist der Wasserstand abzulesen, wobei ein Kästchen auf dem Diagrammpapier einer Höhe von 2cm Wasserstand entspricht, die maximale Höhe ist mit 250cm begrenzt. Die Abszissenachse ist eine Zeitachse mit jeweils 32 Tagen, ein Kästchen entspricht 4 Stunden. Die Messstreifen sind somit „Monatsmessstreifen“. Es waren in Summe ca. 3200 Streifen zu bearbeiten. Bei einer Anzahl von ursprünglich 13 Stationen, einer durchschnittlich 20-jährigen Beobachtungsdauer und einem Zeitaufwand von in etwa 1-1,5 Stunden/Jahr für die Digitalisierung ergibt sich ein beträchtlicher Zeitaufwand.

Digitalisiert wurde mit Hilfe eines Digitalisiertablets und der bereits oben erwähnten Software HYDAMS. Im Laufe der Arbeiten tauchten zahlreiche Fragen und Probleme auf, einige davon möchte ich nun kurz erwähnen. Das häufigste Problem waren Aufzeichnungslücken, ihre Entstehungsursache überspannt eine breite Palette an Möglichkeiten. Der wohl häufigste Grund für Datenausfälle lag an einem Defekt im Uhrwerk des mechanischen Schwimmerschreibpegels, weitere Lücken in der Aufzeichnung entstanden durch Vereisung des Schwimmerschachtes, Vandalismus, Umbauarbeiten an der Station, nicht aufgezoogene Uhrwerke oder Zerstörung der Station nach Hochwasserereignissen. Neben den erwähnten Aufzeichnungsausfällen stellten sich Aufzeichnungsfehler als wesentliches Problem bei der Dateneingabe heraus. Dabei handelt es sich um Aufzeichnungen, die nicht dem tatsächlichen Wasserstand entsprechen. Die Gründe waren wiederum vielfältig und werden im folgendem noch kurz beschrieben. Häufig auftretende Falschaufzeichnungen

wurden verursacht durch: fehlerhaft aufgelegte Schreibstreifen, Fehler bei der Justierung der Schreibfeder, sich lösende Schreibstreifen, Verstopfung des Schwimmerschachtes, vor allem nach Hochwasserereignissen (diese wären jedoch durch regelmäßige Spülungen zu vermeiden) und Verunreinigung der Profile durch Geschiebe. Auf Grund fehlender Messprotokolle zu den einzelnen Messstreifen stellte sich das Auffinden und Erkennen von falschen Aufzeichnungen als mühsam und zeitraubend heraus. Durch beratende Gespräche mit meinen Betreuern seitens der Steiermärkischen Landesregierung konnte jedoch eine große Zahl an fehlerhaften Aufzeichnungen aufgedeckt werden, weiters stellte sich bei mir im Laufe der Zeit eine gewisse Sensibilität gegenüber Messfehlern ein.

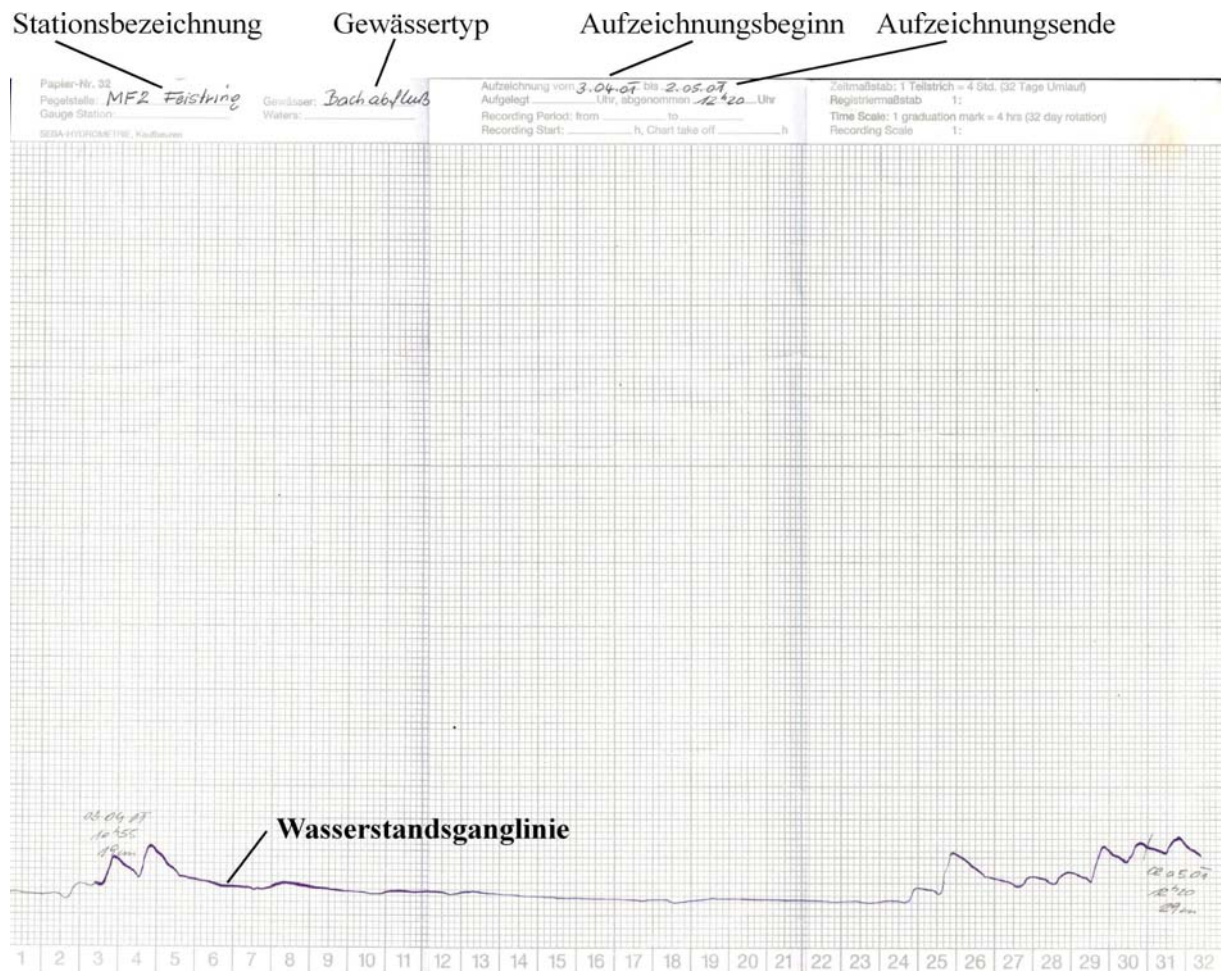


Abb.31: Messstreifen

Ergebnis der Digitalisierarbeit waren die Wasserstandsganglinien der einzelnen Pegelstationen, jedoch noch mit Messlücken und Messfehlern behaftet. Als nächster Schritt ging es nun daran, die Ganglinien mit Hilfe der Software HYDAMS zu korrigieren und zu rekonstruieren. Für die Rekonstruktion von Messlücken benötigt man Referenzstationen, die Auswahl erfolgt durch einen visuellen Vergleich der Ganglinien. Als Referenzstation wird eine Station gewählt, deren Wasserstandsganglinie jener der zu rekonstruierenden Station am meisten ähnlich ist, meist ist dies eine Pegelstation am selben Gewässer. Für die Rekonstruktion steht in der verwendeten Software ein eigenes Zusatzprogramm zur Verfügung. Bestimmt wird zunächst die zu bearbeitende Ganglinie, die Ganglinie der Referenzstation und der Zeitraum der Messlücke. Eine rekonstruierte Ganglinie wird automatisch erstellt, diese kann mittels den Parametern maximale und minimale Höhe sowie Korrelationskoeffizient verändert und besser an die Ursprungsganglinie angepasst werden. Als letzter Schritt folgte die Korrektur der nun lückenfrei vorliegenden Wasserstandsganglinien. Dies erfolgt wiederum mittels der zur Verfügung stehenden Software. In einem eigenem Menüpunkt besteht die Möglichkeit, Ganglinien anzuheben, abzusenken oder zu drehen, Punkte zu löschen oder neu hinzuzufügen, kleinere Lücken linear zu schließen oder einzelne Punkte zu ersetzen. Sind die Messstreifen digitalisiert, die gewonnenen Ganglinien rekonstruiert und korrigiert, ist die Dateneingabe und Aufbereitung abgeschlossen. Das Ergebnis sind digital vorliegende Wasserstandsganglinien, ohne Messlücken, jeweils getrennt für jede Station.

### **3.2. Schlüsselkurven und Abflussdauerlinien**

Ein wesentliches Ziel der Hydrometrie besteht darin, das Dargebot des Oberflächenwassers zu bestimmen, d.h. es wird die Zeitfunktion des Durchflusses, die Durchflussganglinie- gesucht. Es ist bisher nur mit erhöhtem Kostenaufwand möglich, den Durchfluss unmittelbar und kontinuierlich zu messen und damit die Durchflussganglinie  $Q = f_1(t)$  direkt anzugeben (DYCK/ PESCHKE 1995, 92). Die gesuchte Funktion  $Q = f_1(t)$  kann jedoch mittelbar aus der Wasserstandsganglinie gewonnen werden, wenn für den untersuchten Querschnitt die Beziehung zwischen Wasserstand und Durchfluss, die sogenannte Schlüsselkurve (Durchflusskurve) bekannt ist. (DYCK/ PESCHKE 1995, 92). Die Wasserstandsganglinie wurde

bereits in Kapitel 2.2.1. behandelt, die Aufstellung der Schlüsselkurven erfolgt über die Ergebnisse der Flügelmessungen (2.2.2.).

Die **Schlüsselkurve**: Für jeden Durchflussquerschnitt ist der Durchfluss eine Funktion des Wasserstandes  $W = f(Q)$  und umgekehrt. Es ist das wesentliche Ziel aller Durchflussmessungen, diese Beziehung für den betrachteten Flussquerschnitt darzustellen, graphisch, tabellarisch oder analytisch (DYCK/PESCHKE 1995, 103).

Im Folgenden wird die graphische Darstellung in Form der Schlüsselkurve näher beschrieben. Grundlage für die Aufstellung der Funktion  $W = f(Q)$  sind die bei der Durchflussmessung gewonnenen Einzelwerte, sie werden als Punktwolke in einem Diagramm eingetragen, wobei auf der Ordinate der Wasserstand und auf der Abszisse der Durchfluss aufgetragen wird. Es wird angenommen, dass sich die Wasserstand-Durchfluss-Beziehung grundsätzlich als Potenzfunktion darstellen lässt. Die Erstellung der Schlüsselkurven erfolgte wiederum mit Hilfe der Software HYDAMS, genauer gesagt durch ein Zusatzprogramm mit dem Namen Pegelschlüsseeditor.

**Vorgangsweise:** Es werden 7 „Stützpunkte“ der Kurve zur Berechnung benötigt. Diese erhält man, indem man die Ordinatenachse (ihr Maximalwert entspricht mindestens dem maximal gemessenen Wasserstand) in 7 etwa gleich große Stücke teilt und den Durchfluss anhand der Einzelwerte für jeden der 7 Punkte bestimmt. Anhand dieser 7 Punkte wird die Potenzfunktion automatisch durch das Programm berechnet. Dabei ist darauf zu achten, dass bestimmte Grenz- und Kontrollwerte eingehalten werden, durch Veränderung der 7 Punkte wird die Kurve iterativ einem Optimum (der Grenz- und Kontrollwerte) angenähert. Die Schlüsselkurven jeder Pegelstation sind in Abb. 32 bis 43 dargestellt. Die Kontrollblätter der Berechnung, mit denen sich die Genauigkeit der Kurven bestimmen lässt, befinden sich auf der beigelegten CD-ROM.

Probleme bei der Erstellung der Schlüsselkurven traten bei Stationen auf, deren Querschnitt nicht über die gesamte Höhe konstant ist (vergleiche dazu Abb. 5). Da die Fließgeschwindigkeit sich bei Änderung des Querschnittes ebenfalls ändert, benötigt man Abflussmessungen, die alle auftretenden Querschnittsformen abdecken, nur so kann eine den tatsächlichen Gegebenheiten entsprechende, Schlüsselkurve erstellt werden. Da diese Voraussetzungen nicht bei allen Stationen gegeben waren, mussten gesonderte Berechnungen durchgeführt werden. Dabei wurden mittels angenommener Fließgeschwindigkeit und

ermittelter Querschnittsfläche weitere Durchflusswerte gewonnen. Die angenommenen Fließgeschwindigkeiten wurden in Absprache mit der Steiermärkischen Landesregierung festgelegt, sie bergen jedoch ein gewisses Fehlerrisiko. Die angenommenen Fließgeschwindigkeiten beruhen auf Erfahrungswerten.

Die Qualität und Brauchbarkeit der Durchflussmessungen kann man anhand der Abb. 32 bis 43 feststellen, je dichter sich die Punktwolke an die Potenzfunktion anschmiegt, desto besser sind die Messungen und somit auch die Gültigkeit der Schlüsselkurven. Vor allem die Stationen MF2, ML1 und ME1 liefern nur wenig befriedigende Ergebnisse.

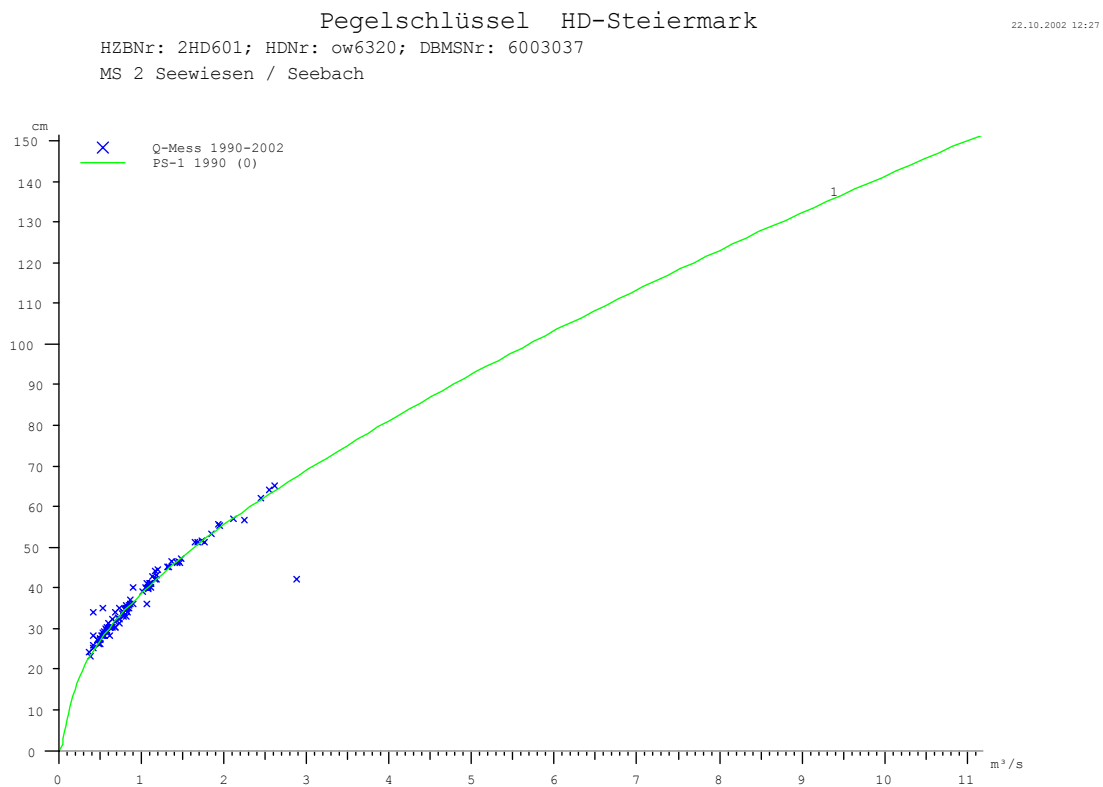


Abb.32: Schlüsselkurve der Station MS2

Pegelschlüssel HD-Steiermark

22.10.2002 12:23

HZBNr: ?; HDNr: ow6340; DBMSNr: 6003039  
MF 2 / Feistring

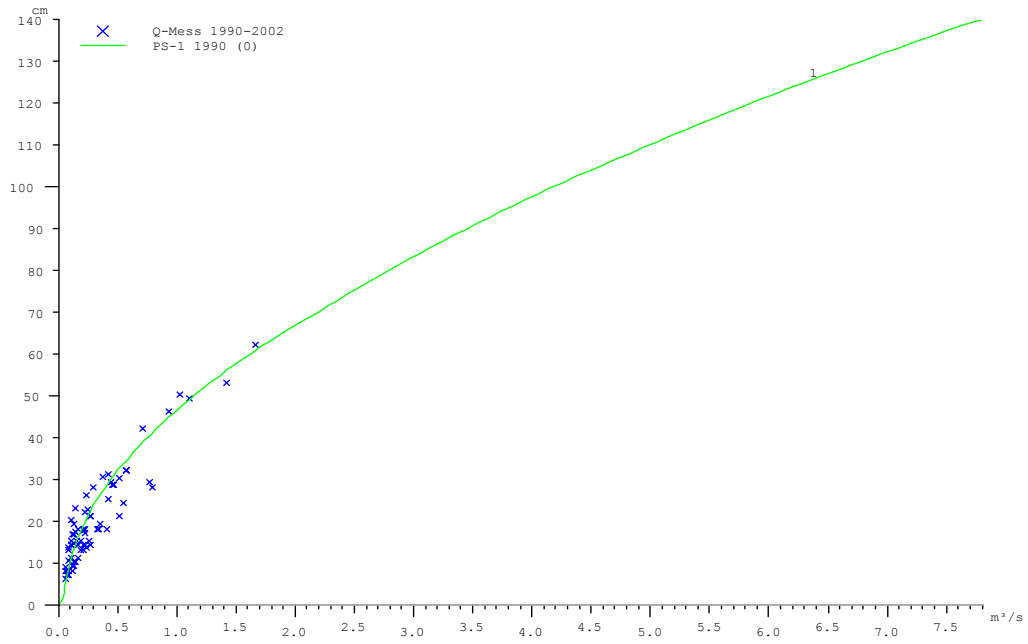


Abb.33: Schlüsselkurve der Station MF2

Pegelschlüssel HD-Steiermark

22.10.2002 12:30

HZBNr: ?; HDNr: ow6350; DBMSNr: 6003040  
MFT / Feistring

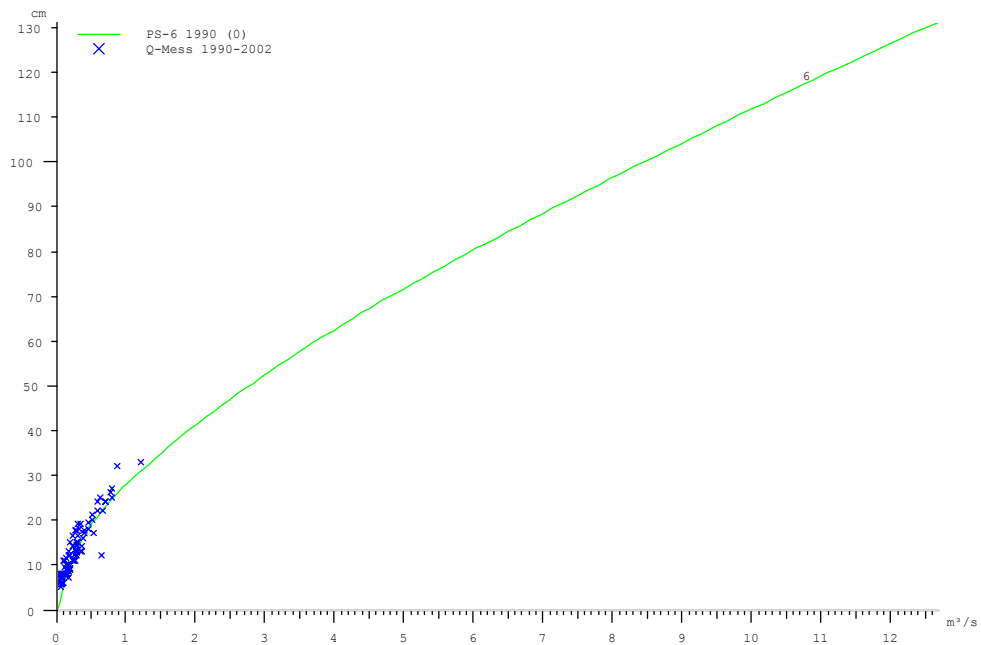


Abb.34: Schlüsselkurve der Station MFT

Pegelschlüssel HD-Steiermark  
HZBNr: ?; HDNr: ow6360; DEBSNr: 6003043  
MI 1 / Ilgenbach

22.10.2002 12:33

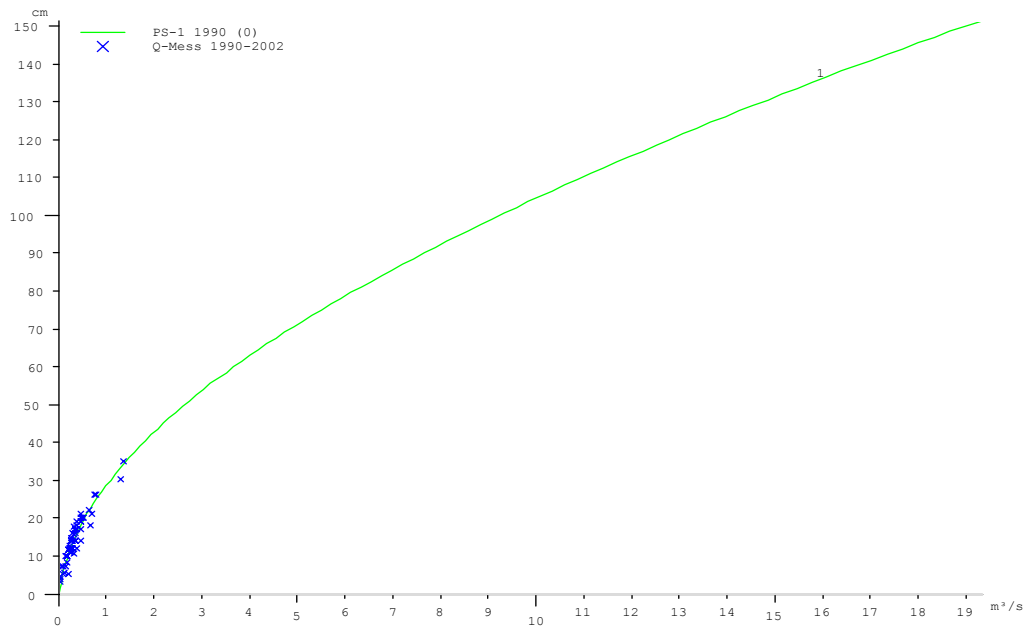


Abb.35: Schlüsselkurve der Station MI1

Pegelschlüssel HD-Steiermark  
HZBNr: ?; HDNr: ow6380; DEBSNr: 6003044  
MI 2 / Ilgenbach

22.10.2002 12:36

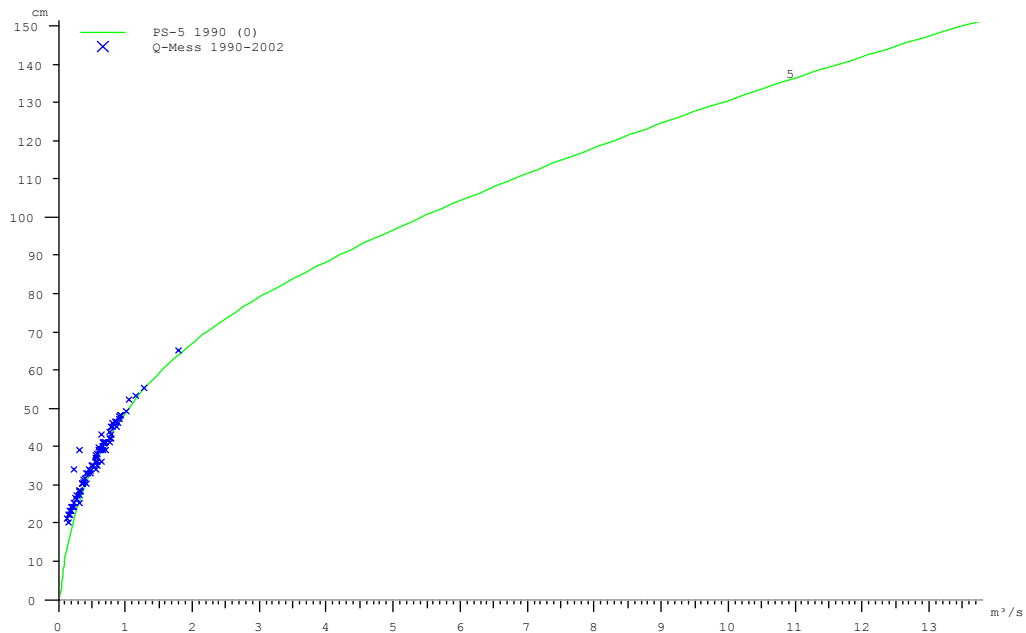


Abb.36: Schlüsselkurve der Station MI2

Pegelschlüssel HD-Steiermark  
HZBNr: ?; HDNr: ow6390; DBMSNr: 6003045  
MI 3 / Ilgenbach

22.10.2002 12:38

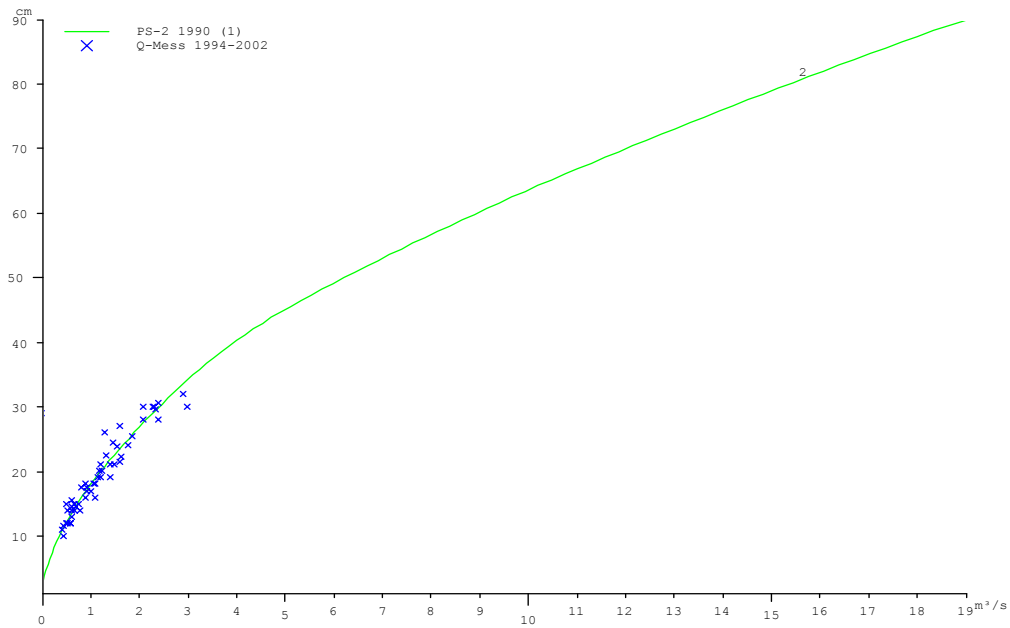


Abb.37: Schlüsselkurve der Station MI3

Pegelschlüssel HD-Steiermark  
HZBNr: ?; HDNr: ow6410; DBMSNr: 6003004  
ML 1 Tragöß / Haringbach

22.10.2002 12:57

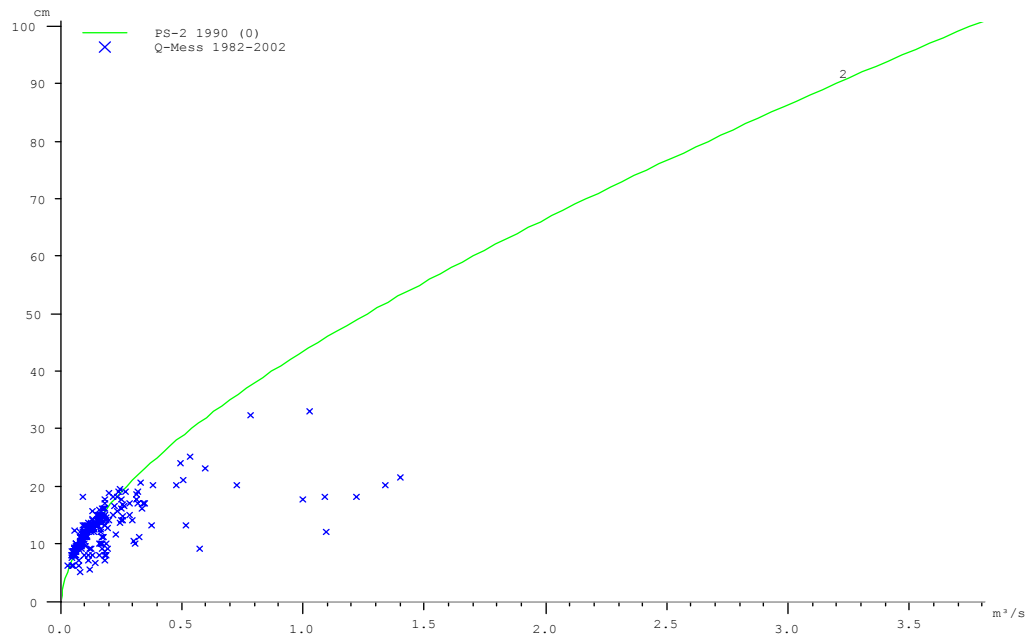


Abb.38: Schlüsselkurve der Station ML1



Pegelschlüssel HD-Steiermark

22.10.2002 13:22

HZBNr: ?; HDNr: ow6440; DBMSNr: 6003005

ML 2 Tragöß Oberort / Laming

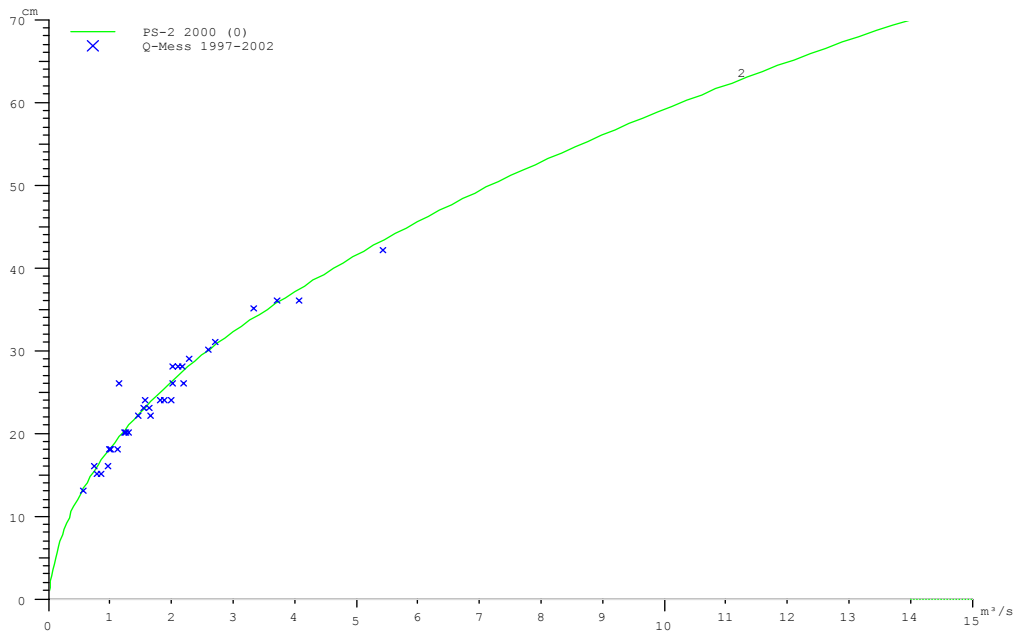


Abb.39: Schlüsselkurve der Station ML2

Pegelschlüssel HD-Steiermark

22.10.2002 13:05

HZBNr: ?; HDNr: ow6450; DBMSNr: 6003006

ML 5 Tragöß Unterort / Laming

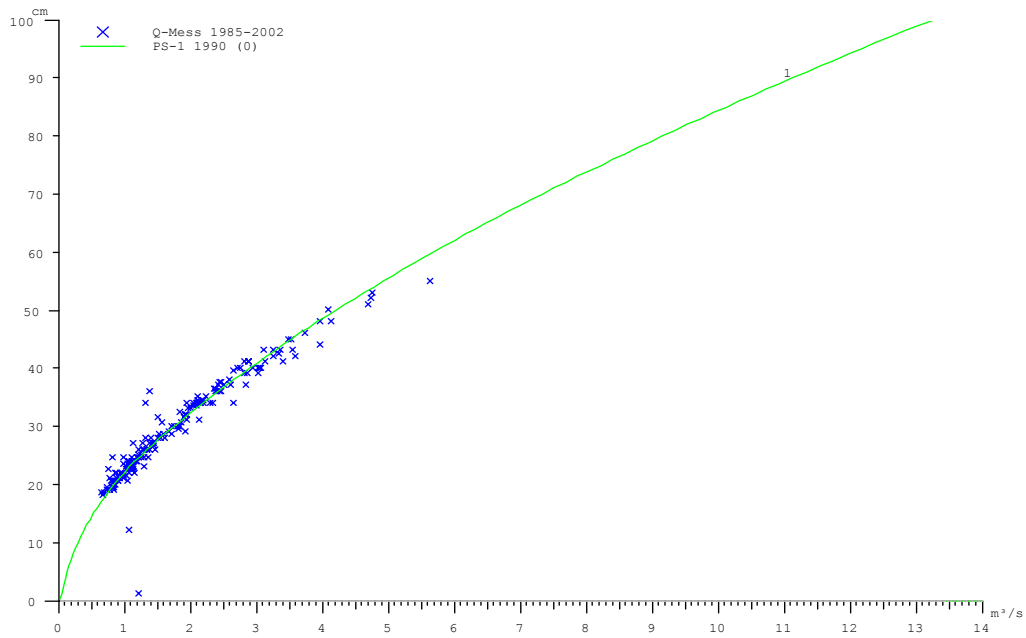


Abb.40: Schlüsselkurve der Station ML5

Pegelschlüssel HD-Steiermark  
HZBNr: ?; HDNr: ow6510; DBMSNr: 6002987  
ME 1 Seeau / Hinterseebach

22.10.2002 13:08

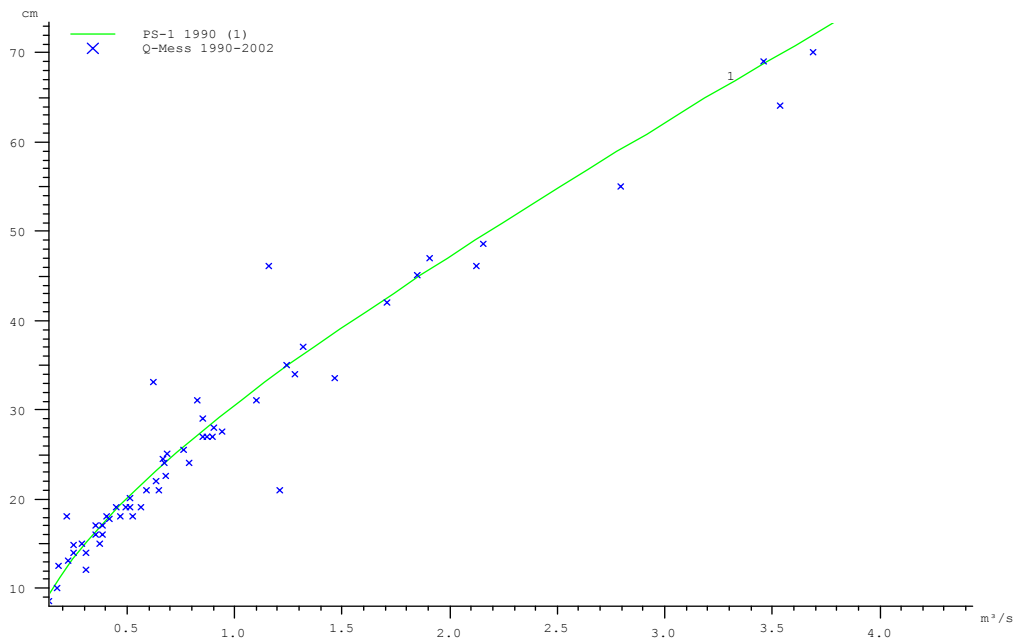


Abb.41: Schlüsselkurve der Station ME1

Pegelschlüssel HD-Steiermark  
HZBNr: ?; HDNr: ow6520; DBMSNr: 6002988  
ME 2 Wildzaun / Hinterseebach

22.10.2002 13:12

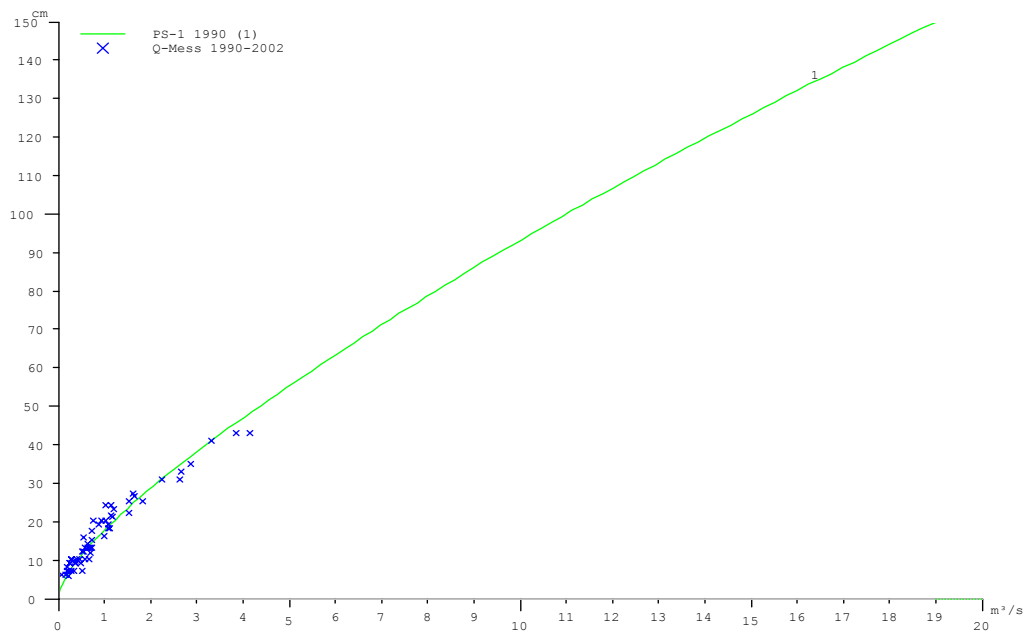


Abb.42: Schlüsselkurve der Station ME2

# Pegelschlüssel HD-Steiermark

HZBNr: ?; HDNr: ow6530; DBMSNr: 6002989

22.10.2002 13:13

ME 3 Leopoldsteinersee / Leopoldsteiner Seebach

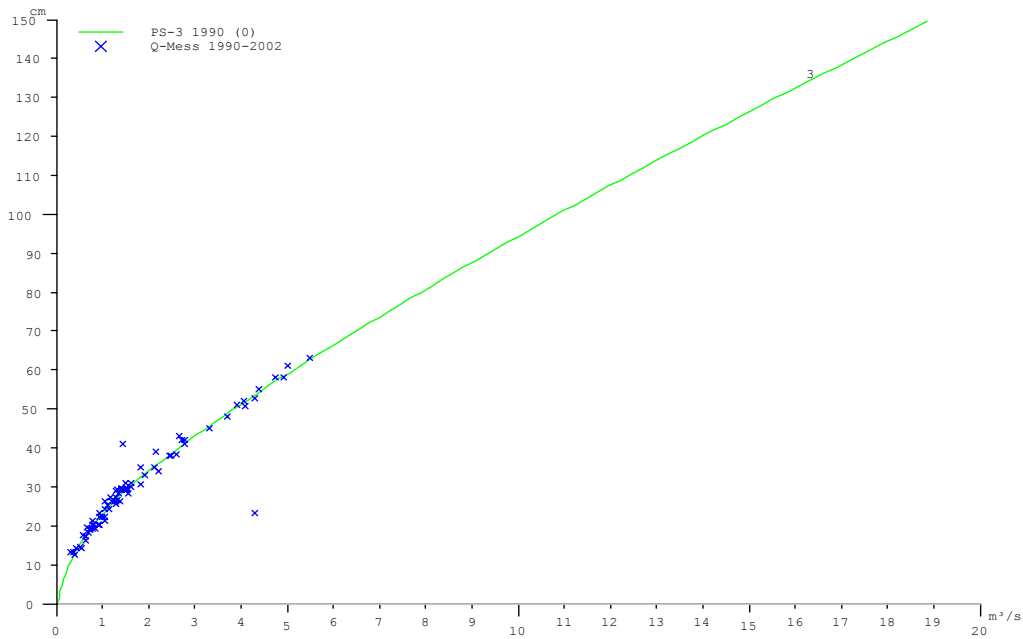


Abb.43: Schlüsselkurve der Station ME3

Aus Wasserstandsganglinie und Schlüsselkurve, die jedem Wasserstand eine Durchflussmenge zuweist, kann nun die Durchflussganglinie ermittelt werden. Sie stellt die Grundlage aller Ergebnisse und Auswertungen dar. Berechnet wurde sie wiederum mittels der Software HYDAMS. Sie beschreibt den jeweiligen Durchfluss über den gesamten Messzeitraum. Die einzelnen Durchflussganglinien sowie die Wasserstandsganglinien sind im Anhang, chronologisch geordnet nach der HD- Nummer angeführt.

## 4. Datenauswertung und Interpretation

### 4.1. Hydrologische Parameter und Dauerlinien

Die einzelnen Pegelstationen werden im folgendem Kapitel hinsichtlich wichtiger hydrologischer Parameter untersucht und tabellarisch sowie graphisch dargestellt. Die zu untersuchenden Parameter sind in der Tabelle 13 aufgelistet und beschrieben. In den Grafiken (Abb. 44 bis 55) sind sogenannte Dauerlinien mit den dazugehörigen Hüllkurven eingezeichnet. Es sind jeweils 2 Dauerlinien (DL) und 2 Hüllkurven veranschaulicht. Dabei handelt es sich jeweils um die mittlere Dauerlinie des gesamten Beobachtungszeitraumes und jene eines Vergleichsjahres. Als Vergleichsjahr wurde das Jahr 2001 herangezogen, es wird für die Berechnungen mittels der Software HYDAMS benötigt (Anmerkung: Die Software stellt die Ergebnisse für den Zeitbereich vor dem Vergleichsjahr dar, somit ist das Jahr 2001 nicht in der mittleren Dauerlinie und den Hüllkurven enthalten.)

Parameter	Einheit	Erklärung der Parameter
HHQ	[m <sup>3</sup> /sek.]	Höchster gemessener Abfluss
MQ	[m <sup>3</sup> /sek.]	Mittlerer Abfluss
NNQ	[m <sup>3</sup> /sek.]	Niedrigster Abfluss

Tab.13: Die auszuwertenden hydrologischen Parameter

Die Dauerlinie entspricht der Summenlinie der Häufigkeitsverteilung (=Summenhäufigkeit oder kumulierte Häufigkeit) der einzelnen Abflusswerte mit aufsteigender Größe, es bleibt die zeitliche Aufeinanderfolge der Abflusswerte unberücksichtigt. Dies trifft auch auf die Grafiken 44 bis 55 zu, die Aufsummierung beginnt jedoch am rechten Rand der Abszisse und ist somit von rechts nach links zu betrachten. Der Grund dafür liegt in der für die Berechnung verwendeten Software, deren Ausgabefenster von der allgemein gebräuchlichen Darstellung abweicht. Die Ordinaten der Abbildungen entsprechen den Abflussmengen in [m<sup>3</sup>/sek.], sie

beginnt bei NNQ und endet bei HHQ. Die Abszissen sind Zeitachsen, es wird jeweils ein Jahr dargestellt. Die Steigung der Dauerlinie ist umso größer (in den nachstehenden Fällen wiederum von rechts ausgehend), je kleiner die Häufigkeit der Abflussmengen ist, die Steigung entspricht den reziproken Wert der Häufigkeiten (MANIAK 1997, S92). Somit kann man über die Steigung der Dauerlinie Rückschlüsse über die Häufigkeiten von bestimmten Abflussmengen ziehen. Über die Dauerlinie lassen sich zusätzlich Überschreitungs- und Unterschreitungsdauer bestimmter Durchflussmengen ermitteln. Umgekehrt besteht die Möglichkeit, für bestimmte Zeitspannen mittlere Abflussmengen zu gewinnen. Die zu untersuchenden und in den Tabellen 14 bis 25 aufgelisteten Parameter sind:  $Q_{(95)}$ ,  $Q_4$ ,  $Q_6$ ,  $Q_8$ ,  $Q_9$  und  $Q_{10}$ . Wobei  $Q_{(95)}$  jener Abflussmenge entspricht die an 95% aller Tage eines Jahres überschritten wird.  $Q_4$  gibt den Abfluss für eine Überschreitungsdauer von 4 Monaten wieder, im gleichen Sinn sind  $Q_6$ ,  $Q_8$ ,  $Q_9$  und  $Q_{10}$  anzusehen.

Die Hüllkurven stellen jenen Wertebereich dar, in dem sich sämtliche Dauerlinien (die Dauerlinien der einzelnen Jahre befinden. Daraus ergibt sich eine obere- und untere Hüllkurve, wobei die obere Hüllkurve den Bereich der Maximalwerte abgrenzt, die Untere jenen der Minimalwerte. Die Hüllkurven sind ein Maß für die Streuung der Dauerlinien jedes Jahres, schmiegen sie sich eng an die Dauerlinie des gesamten Beobachtungszeitraum an, so ist dies ein Zeichen dafür, dass die Einzeljahre sehr homogene Dauerlinien aufweisen. Sind die Hüllkurven weit von der Dauerlinie (mittleren Dauerlinie) entfernt, so kann man daraus erkennen, dass die Einzeljahre starke Unterschiede aufweisen.

Neben den über die Dauerlinie gewonnen hydrologischen Parametern möchte ich die Dauerlinien der einzelnen Pegelstation noch hinsichtlich ihrer Steigung, Hüllkurven und im Vergleich zum Bearbeitungsjahr 2001 beschreiben. Betrachtet man den Verlauf der einzelnen Dauerlinien, genauer so sind zwei Grundtypen zu erkennen. Zum einen sind dies Dauerlinien die zunächst einen stark abfallenden und danach flach gegen die Abszisse hin auslaufenden Charakter aufzeigen. Sie besitzen einen geringen Krümmungsradius. Der zweite Typ sind jene Dauerlinien, die über ihren gesamten Verlauf einen wesentlich stetigeren Abfall aufweisen. Ihr Krümmungsradius ist wesentlich größer. Daraus ist abzuleiten, dass Stationen mit einer Dauerlinie des ersten Typs kürzere Überschreitungsdauern im mittleren und vor allem im oberen Abflussbereich im Vergleich zu jenen mit Dauerlinien des zweiten Typs aufweisen. Als gute Beispiele für den ersten Typ sind die Stationen MF2 (Feistringbach), MFT (Fölzbach), ME2 (Seeaubach) und ME3 (Seeaubach aus Leopoldsteinersee) zu erwähnen,

Vertreter des zweiten Typs sind MS2 (Seebach), MI1, MI2 (beide Ilgenerbach) und ML5 (Lamingbach).

Betrachtet man die Hüllkurven, wie bereits erwähnt stellen sie ein Maß für die Streuung dar, kann man wiederum zwei Typen identifizieren. Es sind dies Pegelstationen mit stark von der Dauerlinie abweichende Hüllkurven und solche mit Hüllkurven die nur gering von der Mittleren Dauerlinie abweichen. Typ 1 stellt eine sehr inhomogen Verteilung der Dauerlinien der einzelnen Jahre dar, d.h. die Über- und Unterschreitungsauern variieren sehr stark von Jahr zu Jahr. Typ 2 sind Stationen, deren jährliche Dauerlinien nur gering voneinander abweichen, daraus ergibt sich, dass die Länge der einzelnen Über- bzw. Unterschreitungsauer jedes wesentlich konstanter sind. Beispiele für den ersten Typ sind die Messstellen MS2 (Seebach), MI1 (Ilgenerbach), MI2 (Ilgenerbach), MI3 (Ilgenerbach), ML2 (Lamingbach) und ML5 (Lamingbach), für den zweiten Typ MF2 (Feistringbach), MFT (Fölzbach), ML1 (Lamingbach), ME1 (Hinterseeaubach), ME2 (Seeaubach) und ME3 (Seeaubach aus Leopoldsteinersee).

Wie aus Kapitel 4.3.1. zu entnehmen, weist das Jahr 2001 durchwegs sehr geringe Abflussmittel auf, eine Darstellung der Dauerlinie dieses Jahres, sowie ein Vergleich mit der Dauerlinie des gesamten Aufzeichnungsbereich erscheint daher lohnend. Bei einer Gegenüberstellung der beiden Dauerlinien erkennt man, dass die Überschreitungsauern gleicher Abflussmengen im Jahr 2001 wesentlich geringer sind als die mittleren des gesamten Beobachtungszeitraumes. In fast allen Fällen liegt die Dauerlinie des Jahres 2001 sogar unter der unteren Hüllkurve, sie stellt somit neue Grenzen für die Hüllkurve auf. Ausnahmen sind die Stationen ME1 (Hinterseeaubach), ME2 (Seeaubach) und ME3 (Seeaubach aus Leopoldsteinersee), hier zeigen sich im Jahr 2001 ebenfalls geringere Überschreitungsauern bestimmter Abflüsse, jedoch in einem wesentlich geringeren Ausmaß im Vergleich zum übrigen Stationsnetz. Die Dauerlinie 2001 ist bei allen 3 Stationen innerhalb der Hüllkurven.

## Dauerlinien und Hüllkurven der Station MS2 (Seebach)

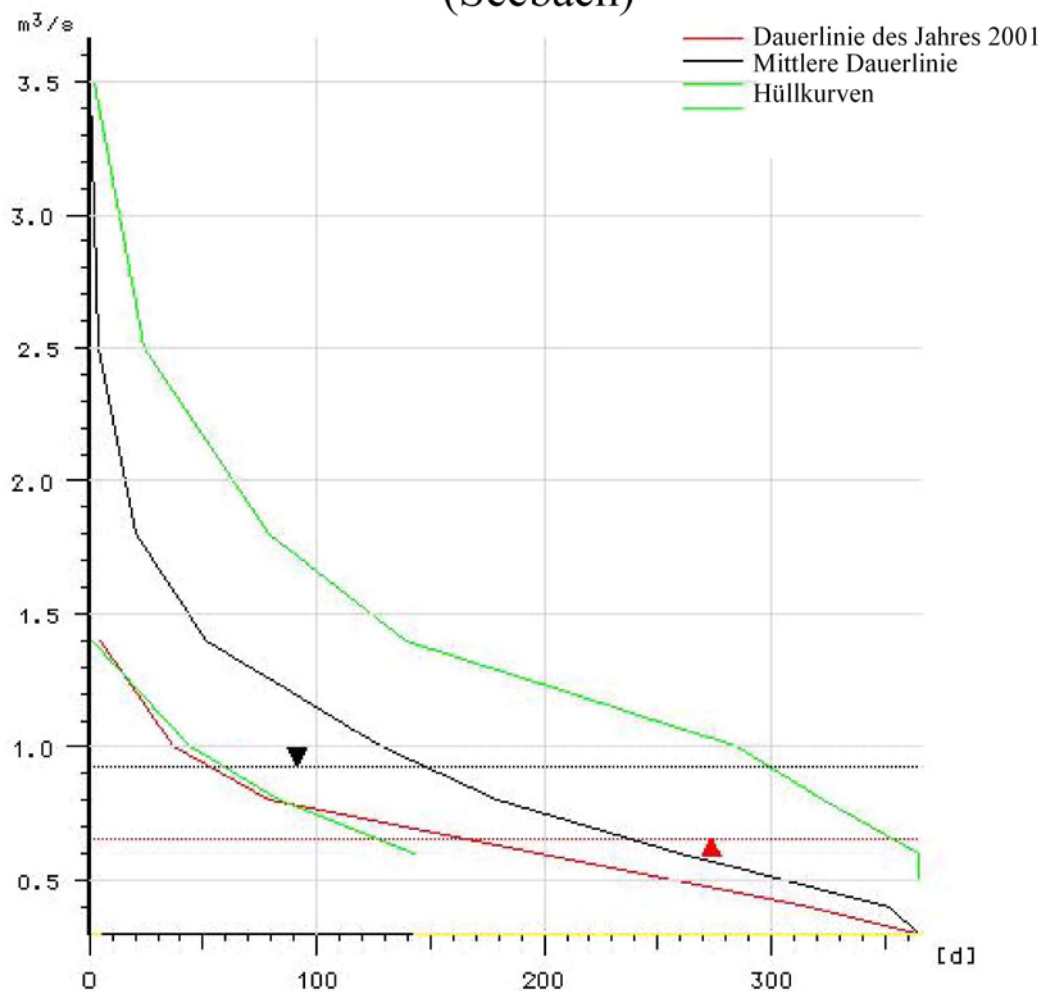


Abb.44: Dauerlinien und Hüllkurven der Station MS2

## Hydrologische Parameter der Station MS2 (Seebach)

HHQ [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	4,85	Q4 [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	1,04
MQ [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,93	Q6 [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,80
NNQ [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,32	Q8 [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,65
Q(95) [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,41	Q9 [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,55
		Q10 [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,50

Tab.14: Hydrologische Parameter der Station MS2

## Dauerlinien und Hüllkurven der Station MF2 (Feistringbach)

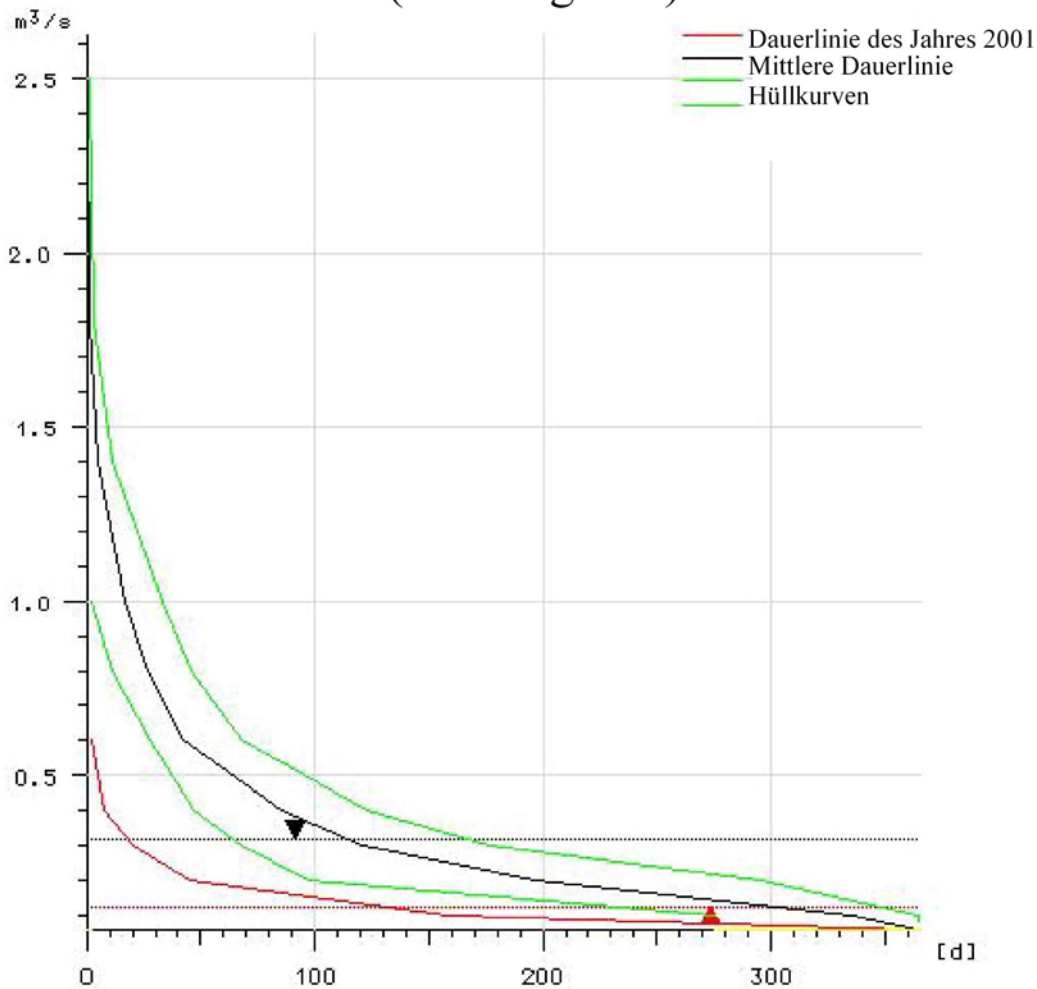


Abb.45: Dauerlinien und Hüllkurven der Station MF2

## Hydrologische Parameter der Station MF2 (Feistringbach)

HHQ [m <sup>3</sup> /sek.]	6,88	Q4 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,30
MQ [m <sup>3</sup> /sek.]	0,32	Q6 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,21
NNQ [m <sup>3</sup> /sek.]	0,07	Q8 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,17
Q(95) [m <sup>3</sup> /sek.]	0,08	Q9 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,14
		Q10 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,12

Tab.15: Hydrologische Parameter der Station MF2



## Dauerlinien und Hüllkurven der Station MFT (Fölzbach)

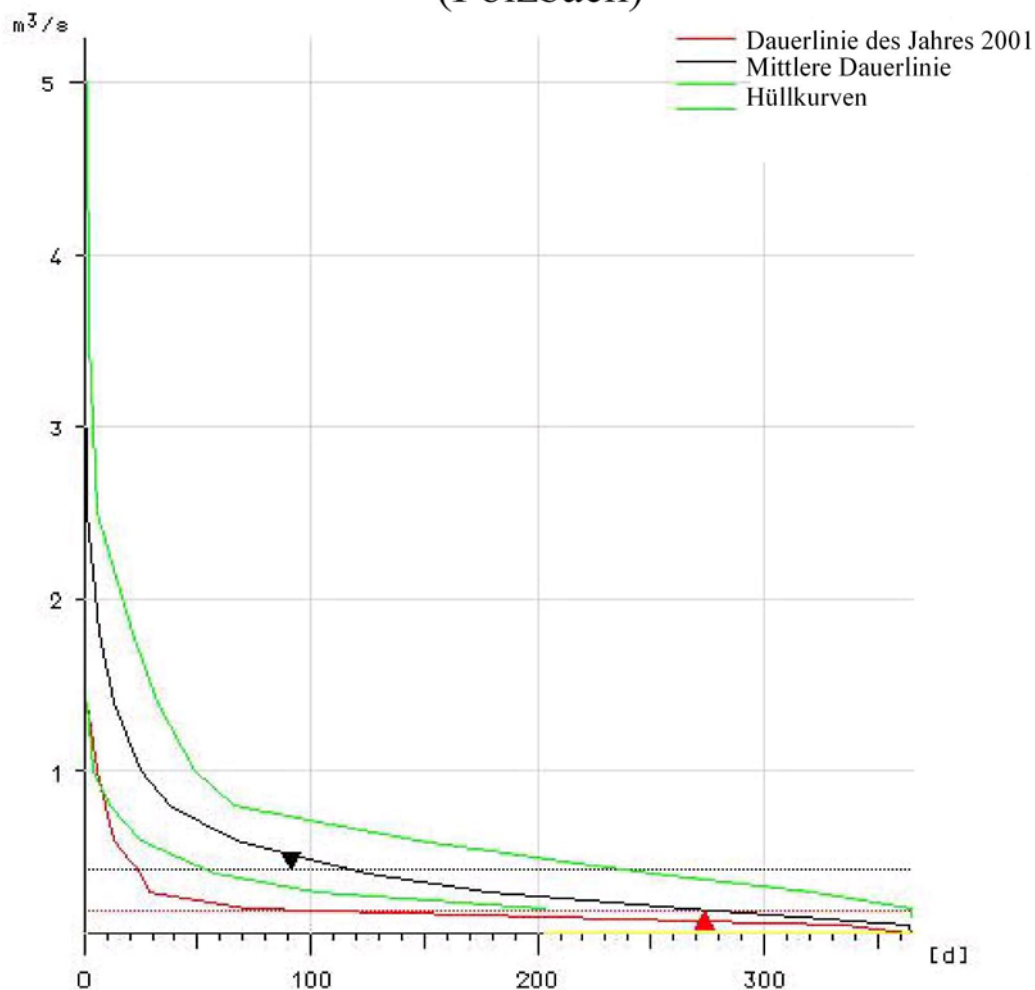


Abb 46: Dauerlinien und Hüllkurven der Station MFT

## Hydrologische Parameter der Station MFT (Fölzbach)

HHQ [m <sup>3</sup> /sek.]	9,53	Q4 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,33
MQ [m <sup>3</sup> /sek.]	0,42	Q6 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,25
NNQ [m <sup>3</sup> /sek.]	0,05	Q8 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,18
Q(95) [m <sup>3</sup> /sek.]	0,11	Q9 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,14
		Q10 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,13

Tab.16: Hydrologische Parameter der Station MFT

## Dauerlinien und Hüllkurven der Station MI1 (Ilgenerbach)

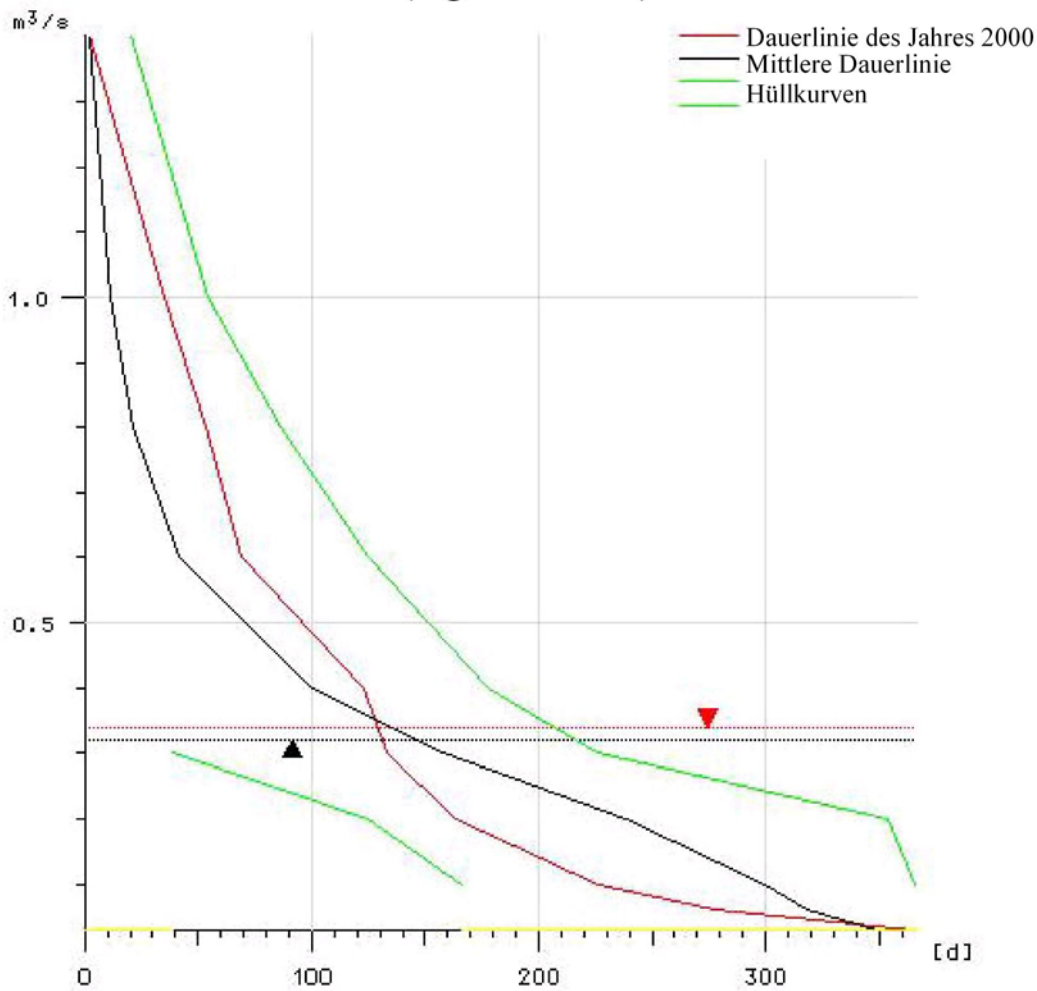


Abb.47: Dauerlinien und Hüllkurven der Station MI1

## Hydrologische Parameter der Station MI1 (Ilgenerbach)

HHQ [m <sup>3</sup> /sek.]	16,57	Q4 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,36
MQ [m <sup>3</sup> /sek.]	0,32	Q6 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,27
NNQ [m <sup>3</sup> /sek.]	0,03	Q8 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,20
Q(95) [m <sup>3</sup> /sek.]	0,03	Q9 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,15
		Q10 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,10

Tab.17: Hydrologische Parameter der Station MI1

## Dauerlinien und Hüllkurven der Station MI2 (Ilgenermach)

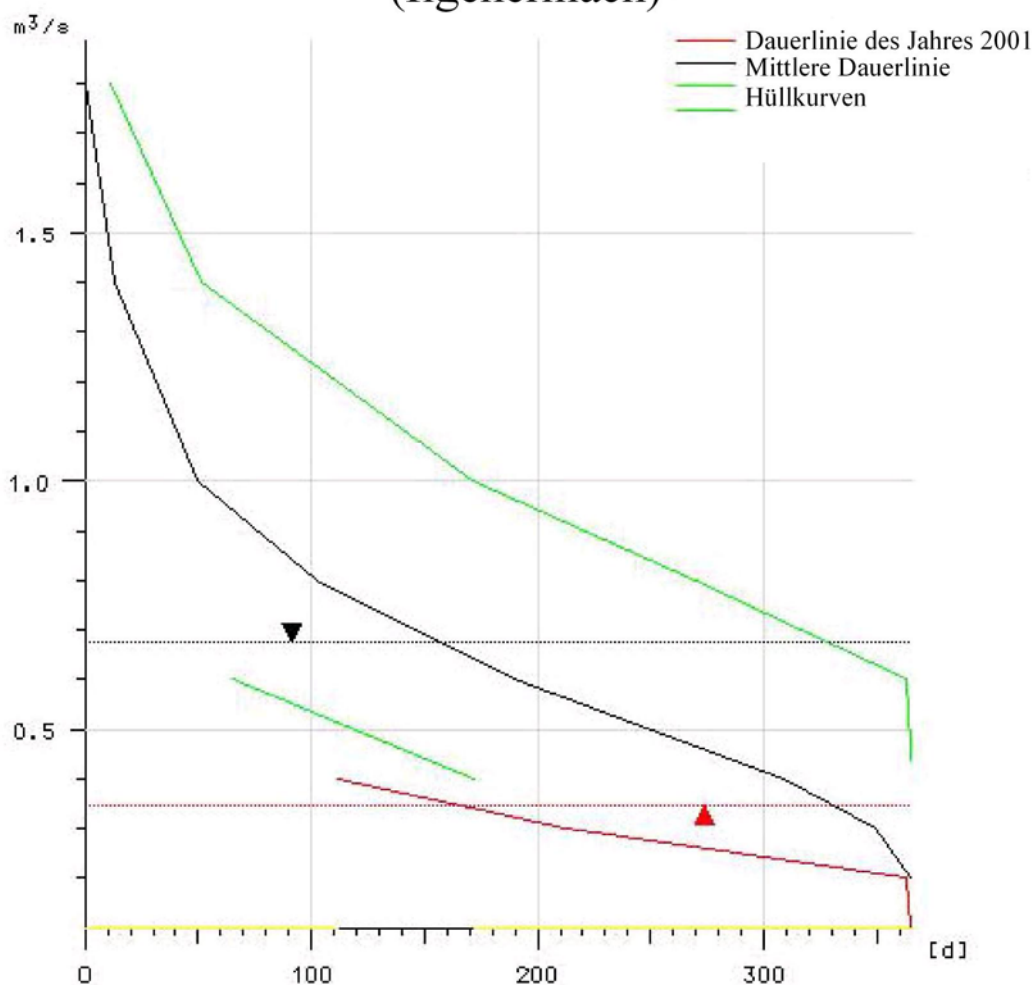


Abb.48: Dauerlinien und Hüllkurven der Station MI2

## Hydrologische Parameter der Station MI2 (Ilgenerbach)

HHQ [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	8,87	Q4 [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,75
MQ [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,68	Q6 [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,61
NNQ [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,20	Q8 [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,51
Q(95) [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,30	Q9 [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,47
		Q10 [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,40

Tab.18: Hydrologische Parameter der Station MI2

## Dauerlinien und Hüllkurven der Station MI3 (Ilgenerbach)

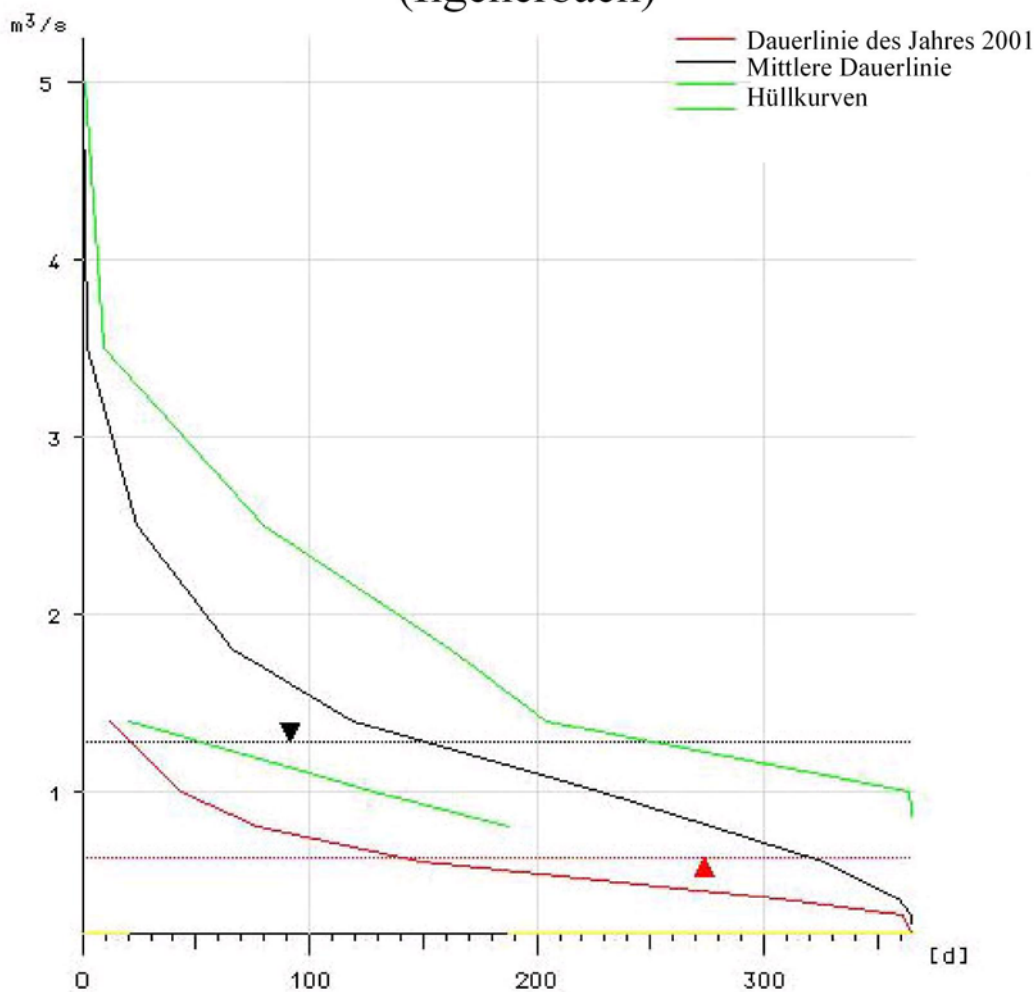


Abb.49: Dauerlinien und Hüllkurven der Station MI3

## Hydrologische Parameter der Station MI3 (Ilgenerbach)

HHQ [m <sup>3</sup> /sek.]	14,52	Q4 [m <sup>3</sup> /sek.]	1,49
MQ [m <sup>3</sup> /sek.]	1,28	Q6 [m <sup>3</sup> /sek.]	1,20
NNQ [m <sup>3</sup> /sek.]	0,20	Q8 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,95
Q(95) [m <sup>3</sup> /sek.]	0,45	Q9 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,76
		Q10 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,65

Tab.19: Hydrologische Parameter der Station MI3

## Dauerlinien und Hüllkurven der Station ML1 (Haringbach)

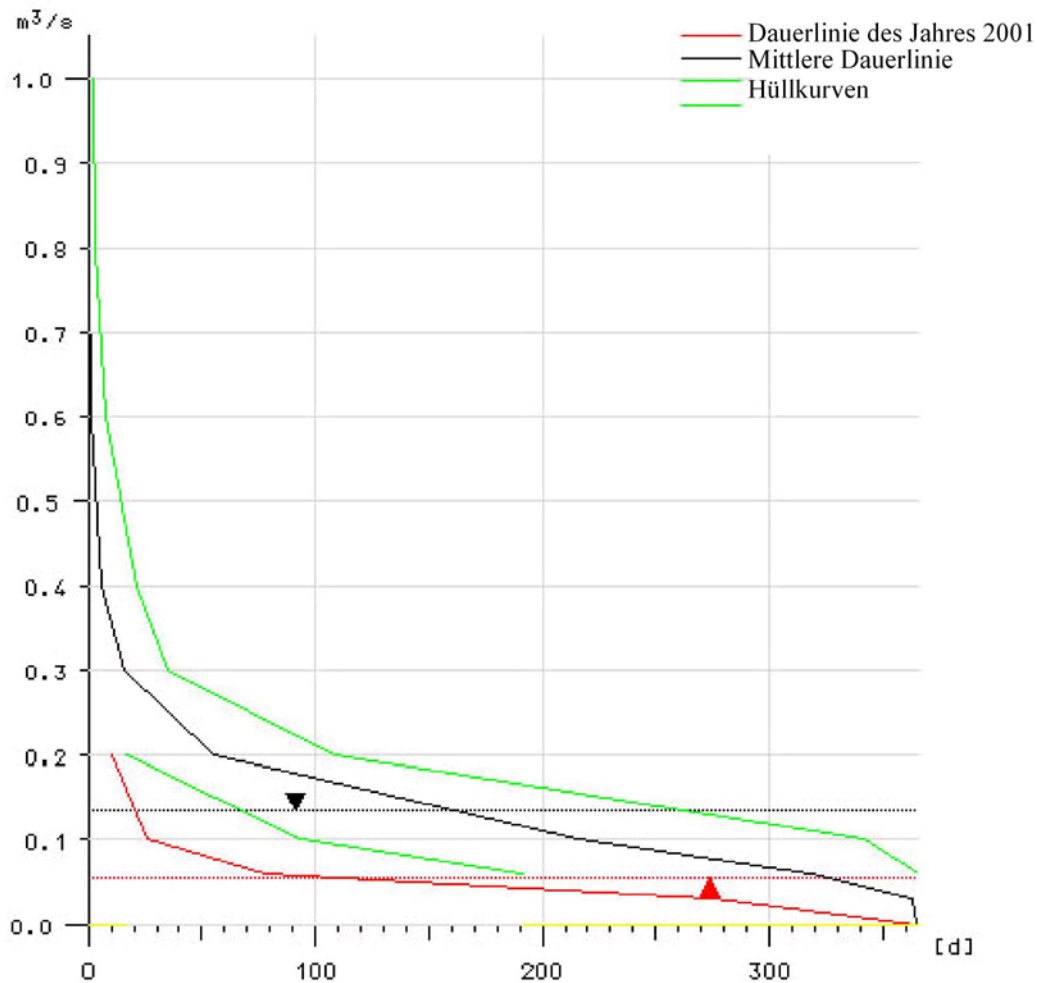


Abb.50: Dauerlinien und Hüllkurven der Station ML1

## Hydrologische Parameter der Station ML1 (Haringbach)

HHQ [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	2,87	Q4 [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,16
MQ [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,13	Q6 [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,12
NNQ [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,01	Q8 [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,09
Q(95) [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,04	Q9 [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,08
		Q10 [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,07

Tab.20: Hydrologische Parameter der Station ML1

## Dauerlinien und Hüllkurven der Station ML2 (Lamingbach)

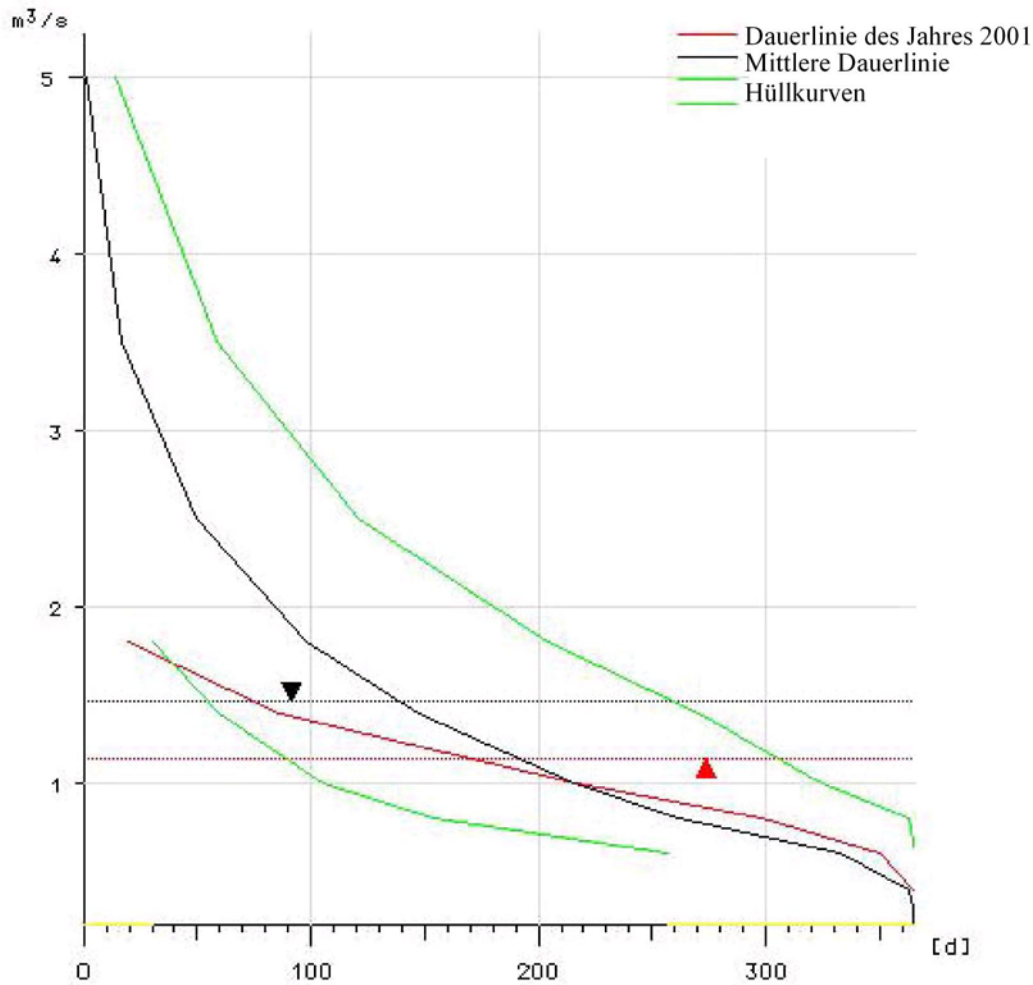


Abb.51: Dauerlinien und Hüllkurven der Station ML2

## Hydrologische Parameter der Station ML2 (Lamingbach)

HHQ [m <sup>3</sup> /sek.]	7,37	Q4 [m <sup>3</sup> /sek.]	1,68
MQ [m <sup>3</sup> /sek.]	1,46	Q6 [m <sup>3</sup> /sek.]	1,18
NNQ [m <sup>3</sup> /sek.]	0,24	Q8 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,82
Q(95) [m <sup>3</sup> /sek.]	0,51	Q9 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,68
		Q10 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,58

Tab.21: Hydrologische Parameter der Station ML2

## Dauerlinien und Hüllkurven der Station ML5 (Lamingbach)

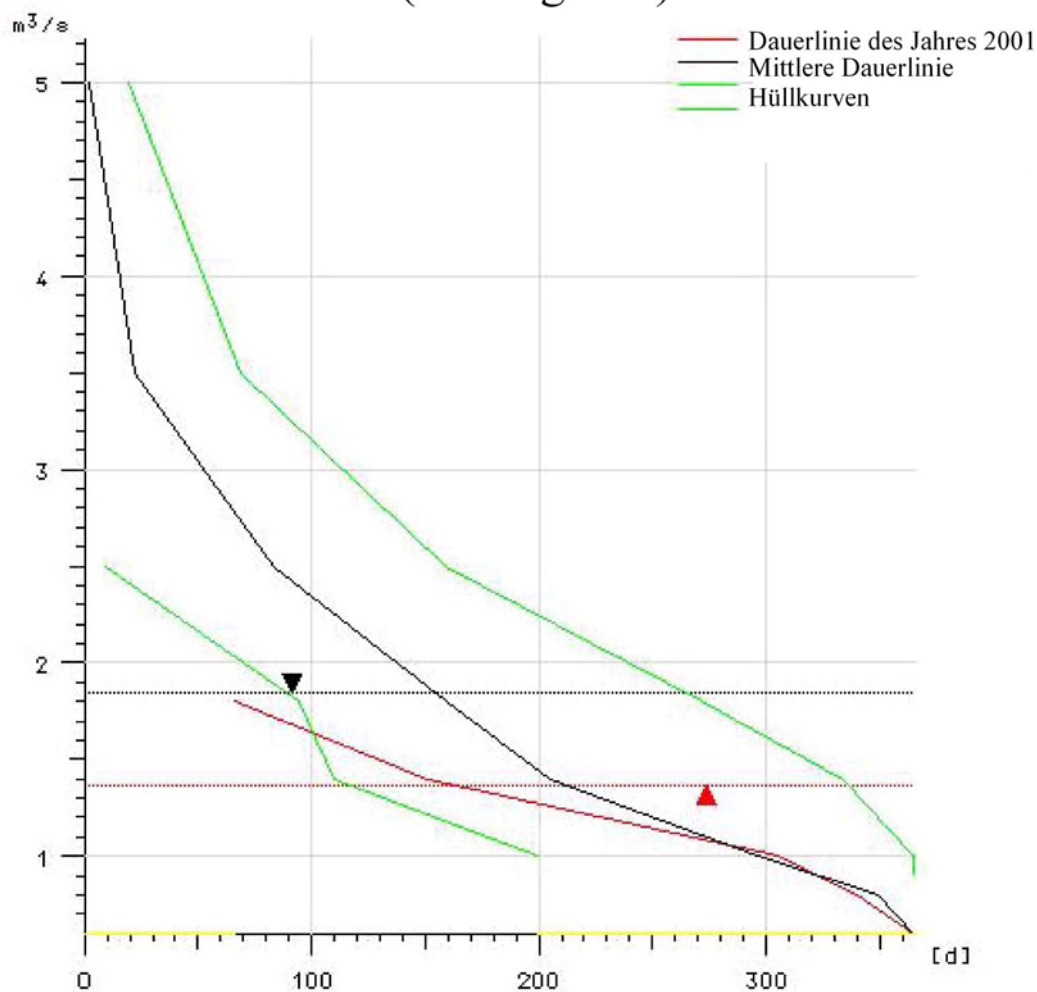


Abb. 52 Dauerlinien und Hüllkurven der Station ML5

## Hydrologische Parameter der Station ML5 (Lamingbach)

HHQ [m <sup>3</sup> /sek.]	7,32	Q4 [m <sup>3</sup> /sek.]	2,10
MQ [m <sup>3</sup> /sek.]	1,84	Q6 [m <sup>3</sup> /sek.]	1,58
NNQ [m <sup>3</sup> /sek.]	0,56	Q8 [m <sup>3</sup> /sek.]	1,22
Q(95) [m <sup>3</sup> /sek.]	0,81	Q9 [m <sup>3</sup> /sek.]	1,10
		Q10 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,98

Tab.22: Hydrologische Parameter der Station ML5



## Dauerlinien und Hüllkurven der Station ME1 (Hinterseeaubach)

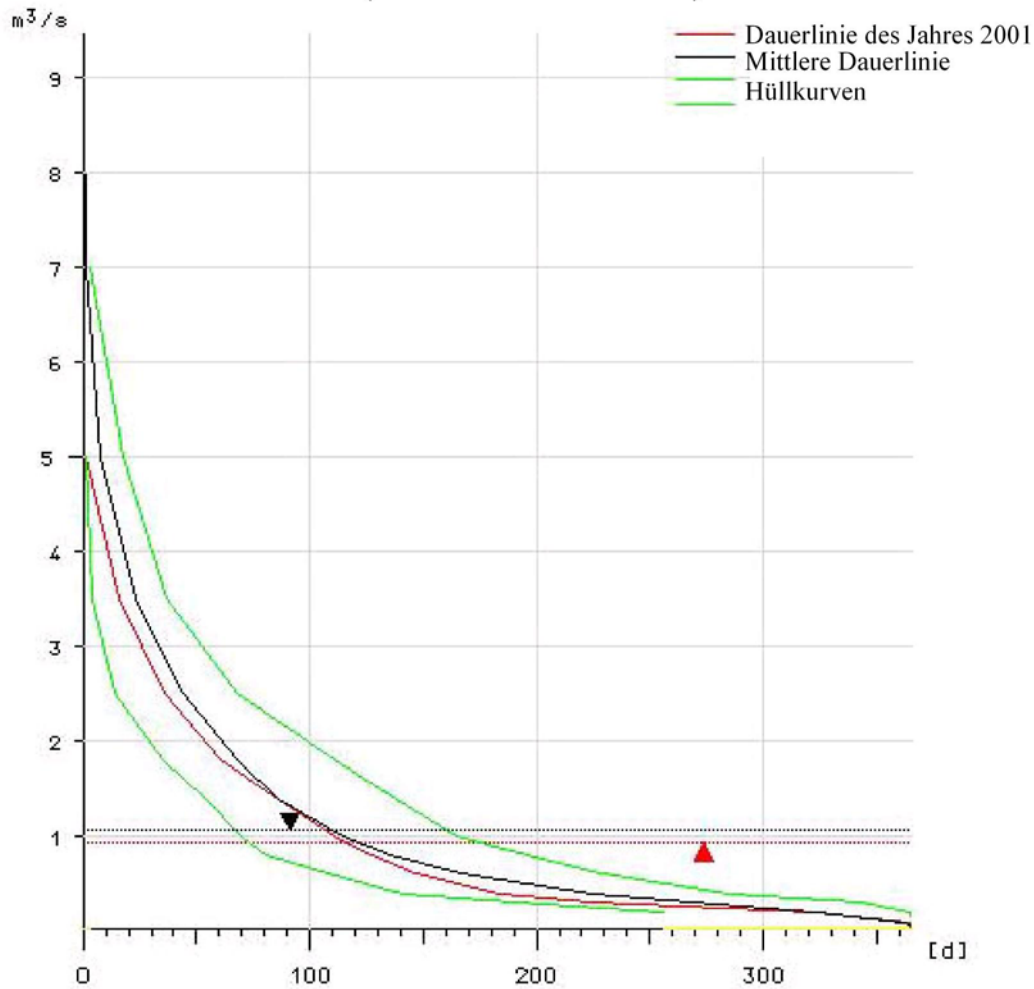


Abb.53: Dauerlinien und Hüllkurven der Station ME1

## Hydrologische Parameter der Station ME1 (Hinterseeaubach)

HHQ [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	12,59	Q4 [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,93
MQ [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	1,06	Q6 [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,53
NNQ [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,05	Q8 [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,31
Q(95) [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,14	Q9 [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,28
		Q10 [ $\text{m}^3/\text{sek.}$ ]	0,17

Tab.23: Hydrologische Parameter der Station ME1



## Dauerlinien und Hüllkurven der Station ME2 (Seeaubach)

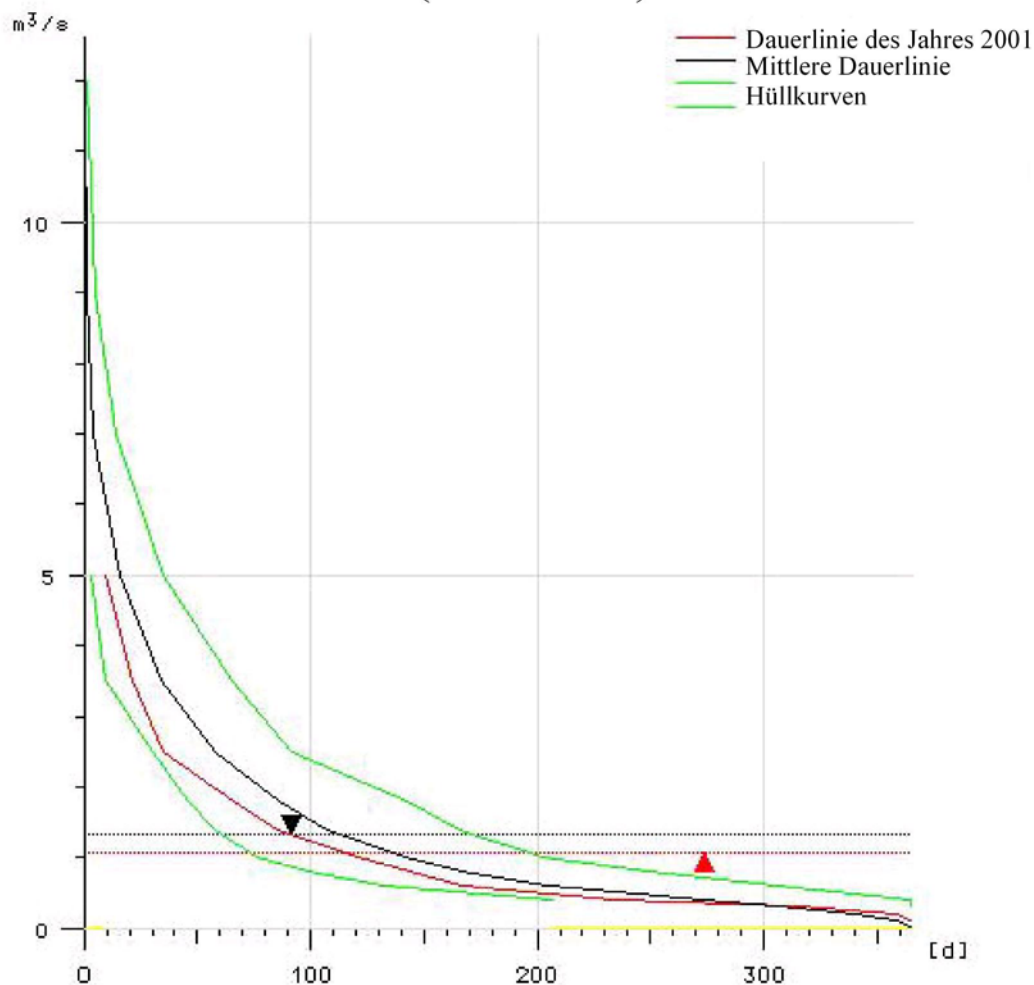


Abb.54: Dauerlinien und Hüllkurven der Station ME2

## Hydrologische Parameter der Station ME2 (Seeaubach)

HHQ [m <sup>3</sup> /sek.]	16,64	Q4 [m <sup>3</sup> /sek.]	1,23
MQ [m <sup>3</sup> /sek.]	1,34	Q6 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,71
NNQ [m <sup>3</sup> /sek.]	0,00	Q8 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,49
Q(95) [m <sup>3</sup> /sek.]	0,16	Q9 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,40
		Q10 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,30

Tab.24: Hydrologische Parameter der Station ME2

## Dauerlinien und Hüllkurven der Station ME3 (Seeaubach aus Leopoldsteinersee)

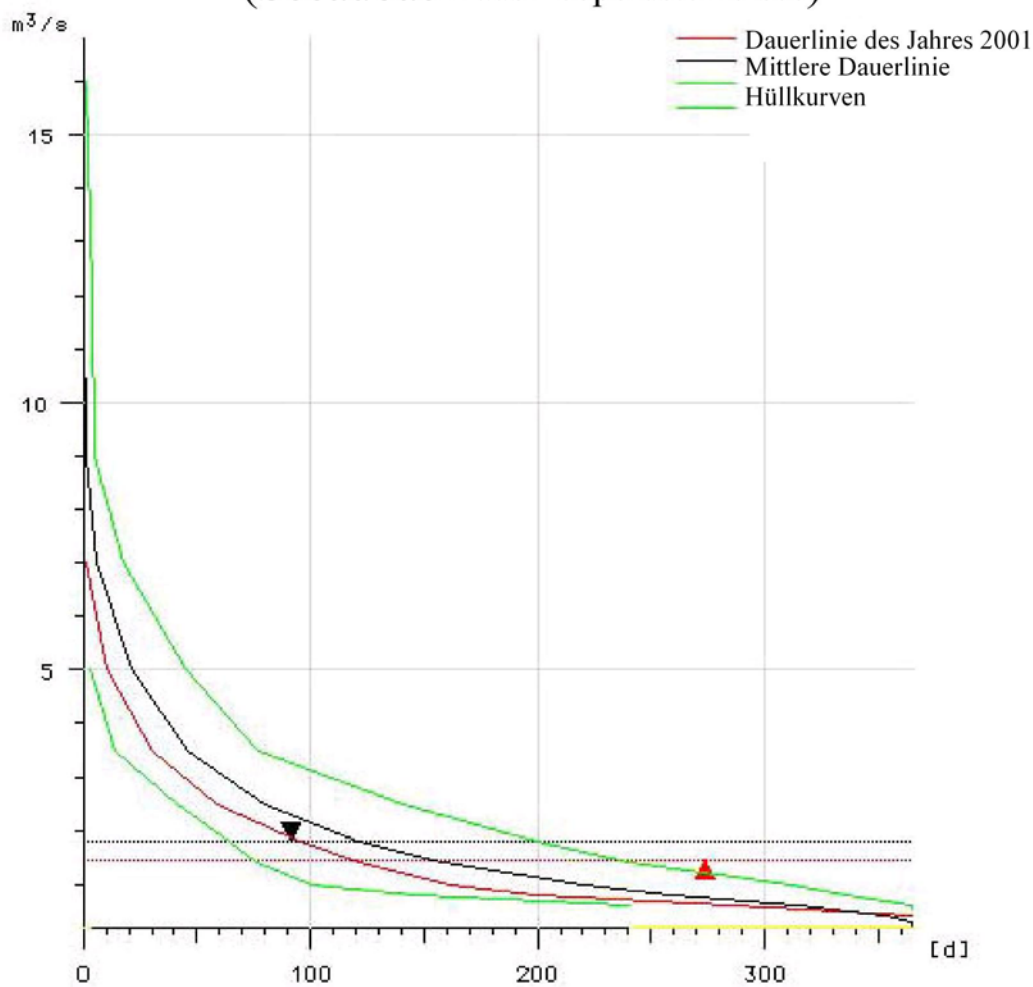


Abb.55: Dauerlinien und Hüllkurven der Station ME3

## Hydrologische Parameter der Station ME3 (Seeaubach aus Leopoldsteinersee)

HHQ [m <sup>3</sup> /sek.]	17,95	Q4 [m <sup>3</sup> /sek.]	1,80
MQ [m <sup>3</sup> /sek.]	1,79	Q6 [m <sup>3</sup> /sek.]	1,24
NNQ [m <sup>3</sup> /sek.]	0,27	Q8 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,88
Q(95) [m <sup>3</sup> /sek.]	0,43	Q9 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,74
		Q10 [m <sup>3</sup> /sek.]	0,64

Tab.25: Hydrologische Parameter der Station ME3

## 4.2. Die Hochwasserstatistik

Hochwasser (HW) ist das kurzzeitige Ansteigen des Wasserstandes bzw. des Abflusses über den Mittelwasserbereich. Nach der Entstehung können folgende Typen unterschieden werden:

- Regenhochwasser, sie entstehen durch Starkregen in mehr oder weniger begrenzten Gebieten.
- Dauerregenhochwasser, hervorgerufen durch intensive, lang anhaltende und großflächige Frontenniederschläge (zyklonaler Niederschlag).
- Schneeschmelzhochwasser, sie entstehen durch schnelles Abtauen der Schneedecke vorwiegend im Gebirge.

(DYCK/ PESCHKE 1995, 431).

Die Hochwässer werden durch maßgebliche Kenngrößen beschrieben. Kenntnisse über Hochwasserstände (HW) sind erforderlich für die Planung und Ausführung von Bauwerken entlang der Gewässer, die Abgrenzung von Überschwemmungsgebieten und den operativen Hochwasserschutz. Von besonderem Interesse ist der Hochwasserscheitelabfluss HQ in  $\text{m}^3/\text{sek}$ . Als Bemessungs-Hochwasser dienen Hochwässer mit bestimmter Wiederkehrzeit HQ(T). Es wurden seitens der Steiermärkischen Landesregierung die Abflüsse für die Fälle HQ(1), HQ(5), HQ(10), HQ(50) und HQ(100) als Ergebnis gefordert. Diese stellen die maximalen Abflüsse mit einer ein-, fünf-, zehn-, fünfzig- und hundertjährigen Wiederkehrwahrscheinlichkeit dar. Ihre Berechnung stützt sich auf ein stochastisches Konzept. Es beruht auf einer statistischen und wahrscheinlichkeitstheoretischen Analyse der in der Vergangenheit beobachteten Hochwässer, die als Zufallsereignisse betrachtet werden. Dem aus der Beobachtungsreihe entnommenen HW-Kollektiv wird eine Wahrscheinlichkeitsverteilung angepasst und extrapoliert, um Größe und Wahrscheinlichkeit von HW sowohl im durch Beobachtungen belegten Bereich, als auch im noch nicht durch Beobachtungen belegten Extrapolationsbereich der sehr seltenen HW abschätzen zu können. Die so ermittelten Hochwässer mit Wahrscheinlichkeitsaussage sind hypothetische oder typische Ereignisse, die nicht mit einem speziellen Ereignis identisch zusein brauchen (DYCK/ PESCHKE 1995, 434). Die Extrapolation wird jedoch um so unsicherer, je mehr sich die Anzahl der Beobachtungsjahre von der Wiederkehrzeit unterscheidet, d.h. das Ergebnis für HQ(100) ist mit der größten Unsicherheit behaftet.

Zur Ermittlung des HW- Scheiteldurchfluss HQ und dessen Wiederkehrzeit T werden die Verfahren der Extremwertstatistik herangezogen. Ziel ist es, der aus der Abflussganglinie gewonnenen Stichprobe eine Wahrscheinlichkeitsverteilung anzupassen.

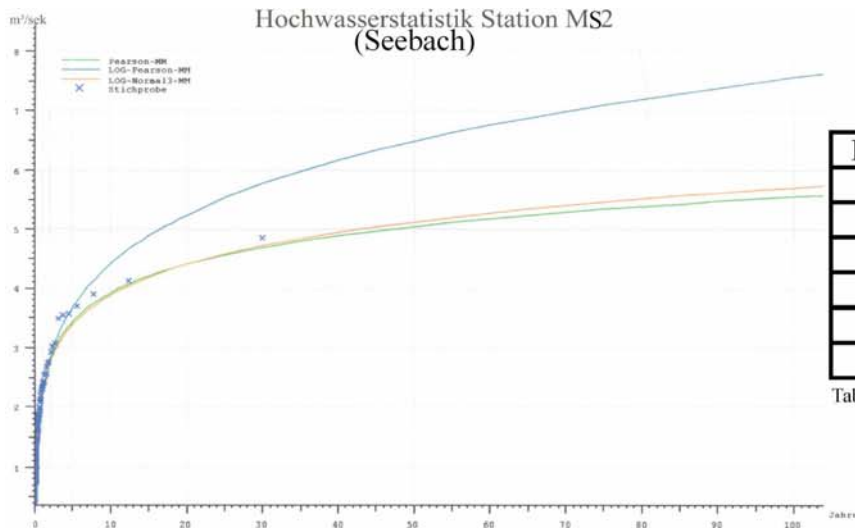
Es stehen folgende Verteilungsfunktionen zur Verfügung:

- Allgemeine Extremwertverteilungen, wie die Extremwertverteilung Typ I (mit der Schätzmethode nach GUMBEL oder der Momentanmethode)
- PEARSON- Verteilung III
- Logarithmische PEARSON- Verteilung Typ III
- Logarithmische Normalverteilung.

(DYCK/ PESCHKE 1995, 440), (MANIAK 1997, 134-150).

Liefert keine der angeführten Verteilungsfunktionen ein befriedigendes Ergebnis, bleibt nur noch die Möglichkeit einer freien Anpassung, hierbei wird eine Kurve frei Hand durch die Stichprobe gezeichnet.

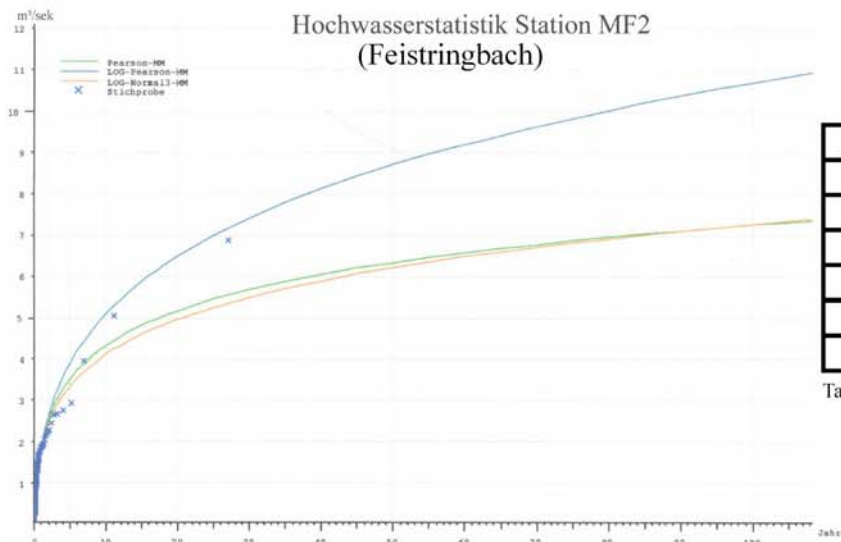
In den Abb. 56 bis 67 sind die gewählten Verteilungsfunktionen dargestellt. Um eine Übersichtlichkeit zu gewährleisten, sind jeweils nur die drei am besten geeigneten Verteilungsfunktionen eingetragen. Auf Grund von einer nur unzureichenden Übereinstimmung zwischen Stichprobe und Verteilungsfunktionen erfolgte bei den Stationen MI1 (Ilgenerbach), MI2 (Ilgenerbach) und ML1 (Lamingbach) eine freie Anpassung. Auf der Abszissenachse sind die Jährlichkeiten, auf der Ordinatenachse der Durchfluss aufgetragen. Für die Ergebnisse der Hochwasserereignisse HQ(1) bis HQ(100) wird die am besten korrelierende Funktion gewählt und anhand der Grafik der entsprechende Durchfluss abgelesen. Die Ergebnisse sind den Tabellen 26 bis 37 zu entnehmen. Im Sinne einer Sicherheit empfiehlt es sich die gewonnenen Abflussmengen aufzurunden.



Hochwasser	Abfluss m³/sek
HQ 100	6,0
HQ 50	5,3
HQ 30	4,8
HQ 10	4,0
HQ 5	3,5
HQ 1	2,5

Tab.26: Hochwasserstatistik der Station MS2

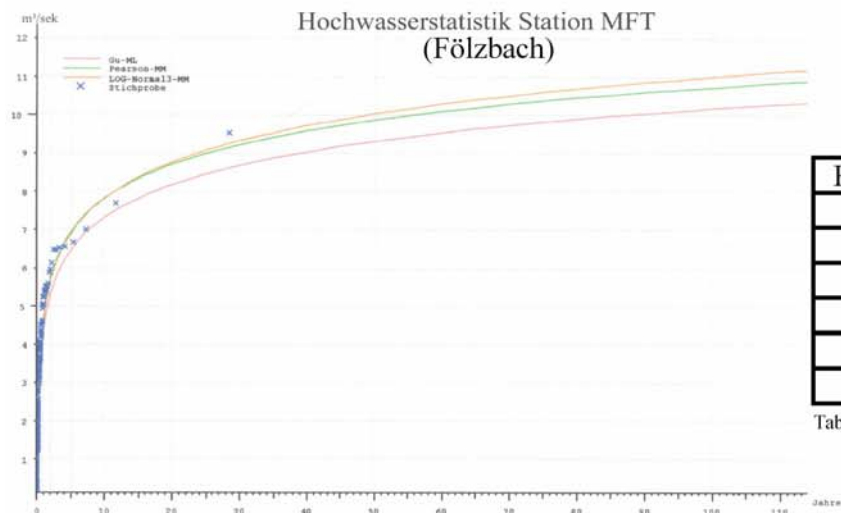
Abb.56: Hochwasserstatistik der Station MS2



Hochwasser	Abfluss m³/sek
HQ 100	10,6
HQ 50	8,7
HQ 30	7,4
HQ 10	5,2
HQ 5	3,8
HQ 1	2,0

Tab.27: Hochwasserstatistik der Station MF2

Abb.57: Hochwasserstatistik der Station MF2



Hochwasser	Abfluss m³/sek
HQ 100	11,1
HQ 50	10,1
HQ 30	9,5
HQ 10	7,9
HQ 5	7,0
HQ 1	5,3

Tab.28: Hochwasserstatistik der Station MFT

Abb.58: Hochwasserstatistik der Station MFT

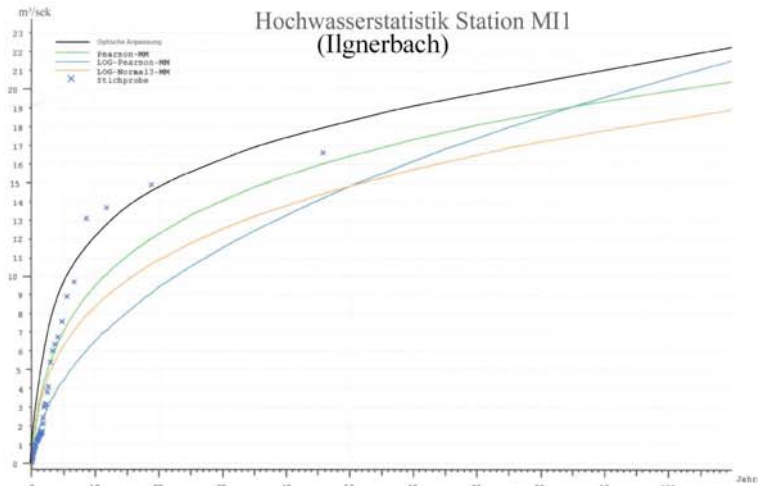


Abb.59: Hochwasserstatistik der Station MI1

Hochwasser	Abfluss m <sup>3</sup> /sek
HQ 100	21,5
HQ 50	18,5
HQ 30	16,5
HQ 10	12,0
HQ 5	9,5
HQ 1	4,0

Tab.29: Hochwasserstatistik der Station MI1

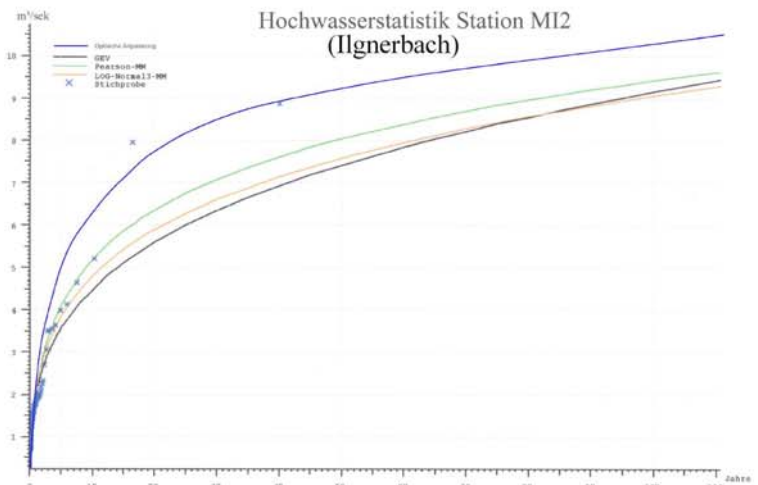


Abb.60: Hochwasserstatistik der Station MI2

Hochwasser	Abfluss m <sup>3</sup> /sek
HQ 100	10,3
HQ 50	9,2
HQ 30	8,5
HQ 10	6,3
HQ 5	5,0
HQ 1	2,0

Tab.30: Hochwasserstatistik der Station MI2

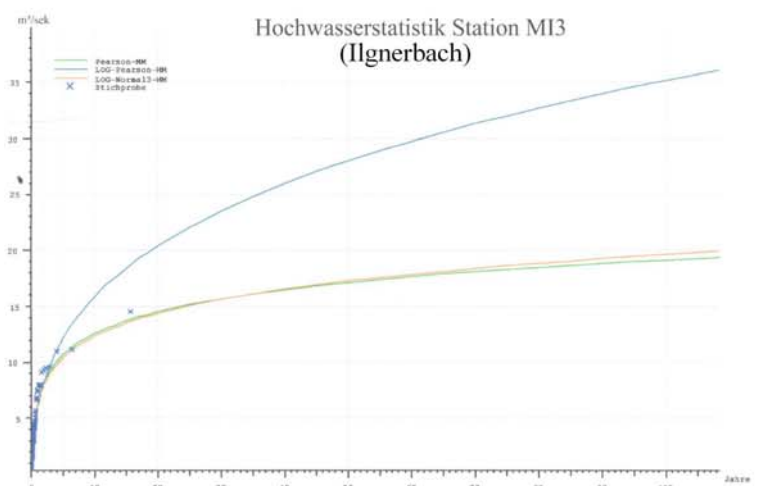
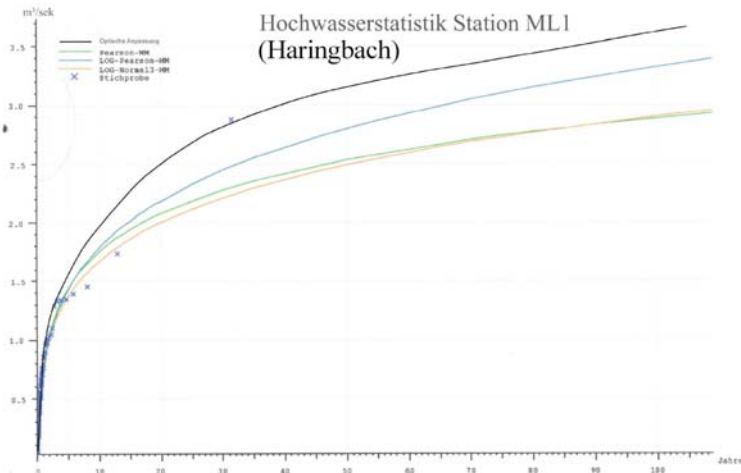


Abb. 61: Hochwasserstatistik der Station MI3

Hochwasser	Abfluss m <sup>3</sup> /sek
HQ 100	20,0
HQ 50	18,0
HQ 30	16,0
HQ 10	13,0
HQ 5	11,0
HQ 1	6,0

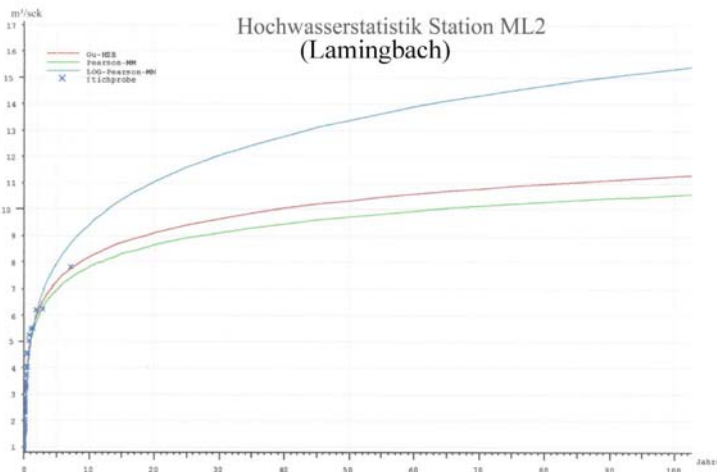
Tab.31: Hochwasserstatistik der Station MI3



Hochwasser	Abfluss m <sup>3</sup> /sek
HQ 100	3.65
HQ 50	3.25
HQ 30	2.85
HQ 10	2.00
HQ 5	1.50
HQ 1	0.80

Tab.32: Hochwasserstatistik der Station ML1

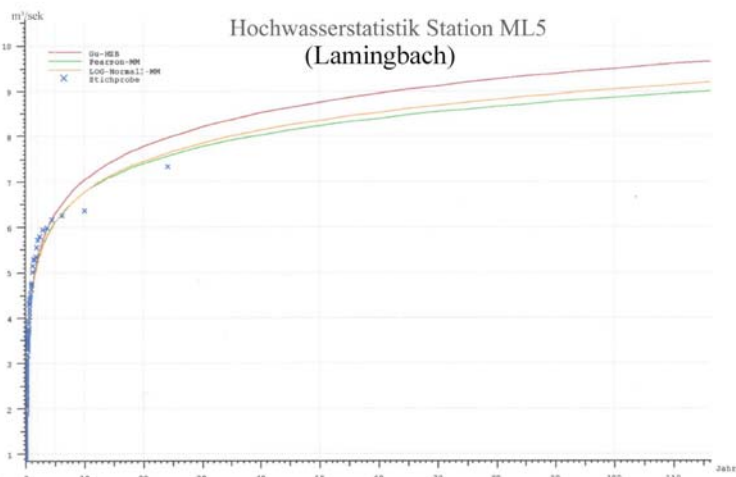
Abb.62: Hochwasserstatistik der Station ML1



Hochwasser	Abfluss m <sup>3</sup> /sek
HQ 100	11.2
HQ 50	10.3
HQ 30	9.6
HQ 10	8.2
HQ 5	7.2
HQ 1	5.0

Tab.33: Hochwasserstatistik der Station ML2

Abb.63: Hochwasserstatistik der Station ML2



Hochwasser	Abfluss m <sup>3</sup> /sek
HQ 100	9.1
HQ 50	8.4
HQ 30	7.9
HQ 10	6.8
HQ 5	6.1
HQ 1	4.6

Tab.34: Hochwasserstatistik der Station ML5

Abb.64: Hochwasserstatistik der Station ML5



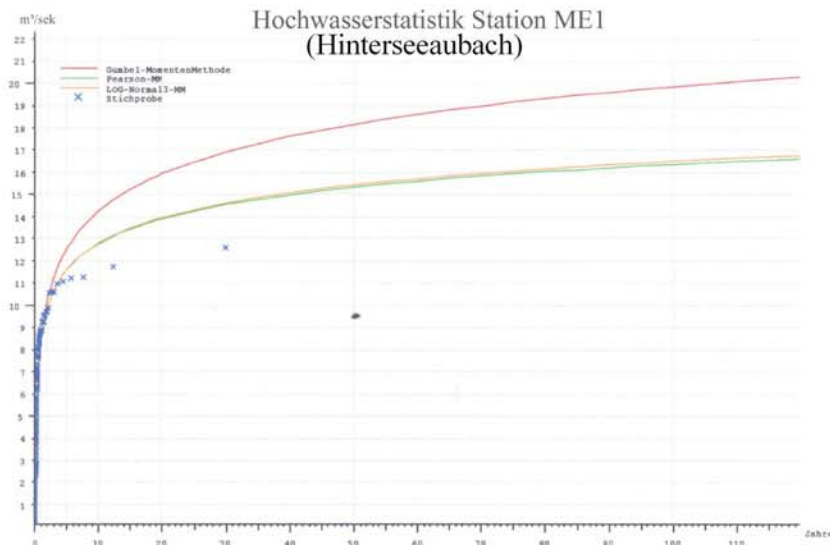


Abb.65: Hochwasserstatistik der Station ME1

Hochwasser	Abfluss m <sup>3</sup> /sek
HQ 100	16,3
HQ 50	15,4
HQ 30	14,6
HQ 10	12,9
HQ 5	11,6
HQ 1	8,9

Tab.35: Hochwasserstatistik der Station ME1

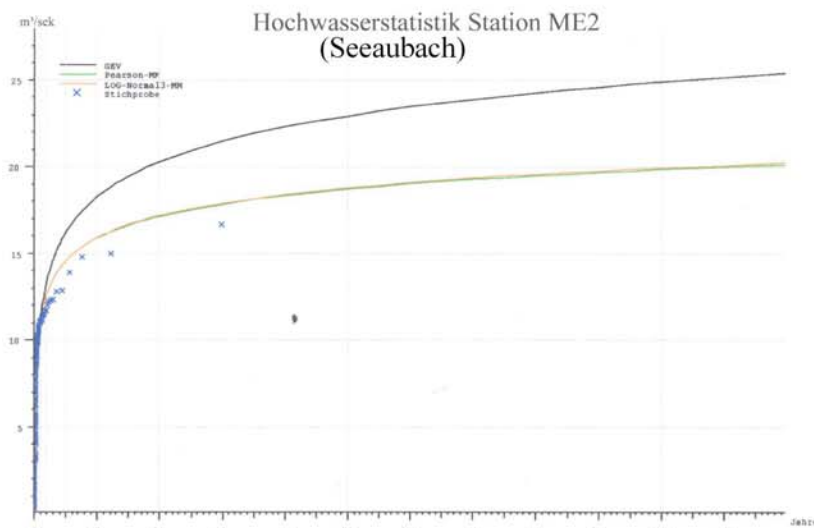


Abb.66: Hochwasserstatistik der Station ME2

Hochwasser	Abfluss m <sup>3</sup> /sek
HQ 100	20,0
HQ 50	18,8
HQ 30	17,9
HQ 10	16,0
HQ 5	14,5
HQ 1	11,5

Tab.36: Hochwasserstatistik der Station ME2

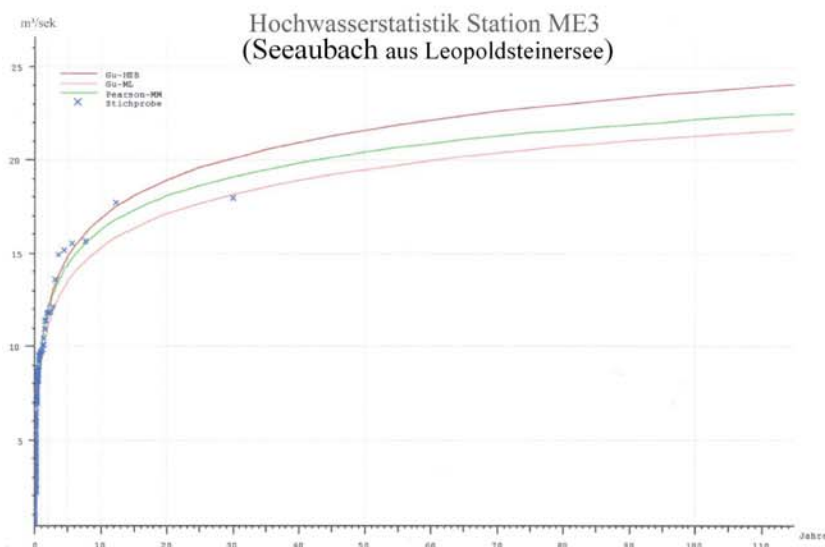


Abb.67: Hochwasserstatistik der Station ME3

Hochwasser	Abfluss m <sup>3</sup> /sek
HQ 100	23,5
HQ 50	21,5
HQ 30	20,0
HQ 10	17,0
HQ 5	14,8
HQ 1	10,0

Tab.37: Hochwasserstatistik der Station ME3

## 4.3. Trendanalyse

### 4.3.1. Vergleich der Jahresmittelwerte des Abflusses

Es werden in diesem Kapitel die Stationen hinsichtlich eines Trends im Abflussverhalten untersucht (bezogen auf die jeweilige Beobachtungsperiode). Dies wird anhand einer graphischen Darstellung der Jahresmittelwerte durchgeführt (Abbildungen 68 bis 79). Die Berechnung der Mittelwerte erfolgte über die Abflussganglinie und wurde mittels der Software HYDAMS erstellt, als Mittelungsintervall wurde 1 Tag gewählt (Tabellen 40 bis 51). Aus den Jahresmittelwerten wurde ein linearer Trend berechnet, über dessen Geradengleichung die Größe der Änderung innerhalb des jeweiligen Beobachtungszeitraumes leicht zu bestimmen ist.

Die Ergebnisse der Trends stellen sich als äußerst inhomogen heraus, die Stationen MS2 (Seebach) MF2 (Feistringbach), ML2 (Lamingbach), ML5 (Lamingbach), ME1 (Hinterseeaubach) und ME3 (Seeaubach aus Leopoldsteinersee) verzeichnen einen positiven Trend, wobei der stärkste Anstieg an den Stationen ML2 (Lamingbach) und ML5 (Lamingbach) zu beobachten ist. An den Stationen MI1 (Ilgenerbach) und ME2 (Seeaubach) ist ein gleichbleibender Trend zu erkennen, dies stellt sich durch eine nahezu horizontale Trendgerade dar. Die übrigen Stationen, diese sind MFT (Fölzbach), MI2 (Ilgenerbach), MI3 (Ilgenerbach) und ML1 (Haringbach), verzeichnen einen fallenden Trend hinsichtlich ihres Abflussverhaltens während des Beobachtungszeitraumes. Am deutlichsten ist Rückgang an der Station MI1 (Ilgenerbach), diese ist jedoch auf Grund des kürzeren Aufzeichnungszeitraumes nicht unmittelbar mit den Übrigen zu vergleichen. Lässt man die Station MI3 unberücksichtigt, ergibt sich der stärkste negative Trend an der Station MI2. Von Interesse ist der Vergleich jener Pegelstationen die an ein und dem selben Gewässer errichtet sind. Es sind dies ME1 (Hinterseeaubach), ME2 (Seeaubach) und ME3 (Seeaubach aus Leopoldsteinersee), ML1 (Haringbach) und ML5 (Lamingbach), ML2 (Lamingbach) und ML5 (Lamingbach) sowie MI1 (Ilgenerbach), MI2 (Ilgenerbach) und MI3 (Ilgenerbach). Hier zeigt sich eine gute Korrelation der jeweiligen Stationen. So verzeichnen die Stationen ME1 (Hinterseeaubach), ME2 (Seeaubach) und ME3 (Seeaubach aus Leopoldsteinersee) durchwegs einen positiven Trend, gleiches gilt für ML2 (Lamingbach) und ML5 (Lamingbach). Die Stationen MI1, MI2 und MI3 zeichnen sich durch einen in Summe negativen Trend aus.

Lediglich die Stationen ML1 (Haringbach) und ML5 (Lamingbach) besitzen gegensätzliche Trends. Eine Erklärung, warum an der Station ML5 (Lamingbach) gegenüber der Station ML1 (Haringbach) ein gegenläufiger Trend vorliegt, besteht darin, dass ihr Abfluss eine Summe aus den Stationen ML1 (Haringbach) und ML2 (Lamingbach) sowie weiteren Zubringern darstellt. Der Pegel ML2 (Lamingbach) verzeichnet wesentlich höhere Abflüsse als jene des Pegels ML1 (Haringbach) und überdeckt somit den negativen Trend des zweit genannten. Diese Mischung von negativem und positivem Trend zeigt sich auch daran, dass der Anstieg an der Station ML5 (Lamingbach) geringer ist als jener an der Station ML2 (Lamingbach). Es bleibt jedoch die Frage warum, zwei in unmittelbarer Nachbarschaft befindliche Pegel gegenläufige Trends besitzen.

Aus den Tabellen und Grafiken der Jahresmittelwerte des Abflusses lassen sich einzelne Jahre mit besonders ergiebigen oder mageren Abflussmengen identifizieren. Dabei ist eine gute Korrelation zwischen den einzelnen Stationen erkennbar. Als signifikantestes Beispiel für ein besonders geringes Jahresmittel sei das Jahr 2001 genannt, weitere Jahre mit niedrigen Werten sind die Jahre 1994 und 1986. Jahre mit besonders hohen mittleren Abflüssen sind 1989, 1996 und 1997.

Wie in der Einleitung (Kap. 1.1.) bereits beschrieben, ist ein Ziel dieser Arbeit, mögliche Änderungen des Abflussverhaltens durch die Wasserentnahme der ZWHS zu untersuchen. Ein erster Blick auf den linearen Trend der Jahresmittelwerte lässt keine eindeutige Entscheidung über eine mögliche Änderung zu. An dieser Stelle soll erwähnt werden, dass eine Wasserentnahme seit 1993 besteht, diese erfolgt in St. Ilgen/Moarhof aus den Vertikalfilterbrunnen 1 und 2. Die jährliche Fördermenge ist aus der Tabelle 38 zu entnehmen.

Jahr	Fördermenge [m <sup>3</sup> ]
1993	4 851 394
1994	5 806 792
1995	5 915 460
1996	6 109 550
1997	6 269 414
1998	6 174 277
1999	6 071 360
2000	6 007 616
2001	6 054 594

Tab.38A: Menge der jährlichen Wasserentnahme [m<sup>3</sup>]

Quelle: ZWHS

Jahr	Fördermenge [m <sup>3</sup> /sek.]
1993	0,15
1994	0,18
1995	0,19
1996	0,19
1997	0,20
1998	0,20
1999	0,19
2000	0,19
2001	0,19

Tab.38B: Menge der jährlichen Wasserentnahme [m<sup>3</sup>/sek.]

Quelle : ZWHS

Unmittelbar betroffen durch die Wasserentnahme sind die Pegel MI1 (Ilgenerbach) und MI2 (Ilgenerbach). Da der zweit genannte erst 1993 errichtet wurde und somit keine Information über den Zeitbereich vor der Entnahme liefert, rückt die Station MI2 (Ilgenerbach) ins Interesse und wird für die Untersuchungen näher betrachtet. Wie bereits erwähnt und aus der Abb. 72 zu erkennen, verzeichnet dieser Pegel einen rückläufigen Trend, ein erstes Indiz für eine Beeinflussung durch die Wasserentnahme. Da jedoch auch andere, von der Wasserentnahme nicht betroffene Stationen ein rückläufiges Abflussverhalten aufweisen, ist dies noch keine Bestätigung für eine Veränderung. Ein reiner Vergleich der Perioden vor bzw. seit der Wasserentnahme ist ebenfalls nicht ausreichend, da Unterschiede dieser Perioden durchaus natürlichen Ursprungs sein können. Nur durch den Vergleich mit Referenzstationen ist eine Beurteilung möglich. Als Referenzstationen werden die Pegel MS2 (Seebach), ML2 (Lamingbach), ME1 (Hinterseeaubach), ME2 (Seeaubach) und ME3 (Seeaubach aus Leopoldsteinersee) herangezogen, da ihre Größenordnung der Abflussmittelwerte in etwa jener der Station MI2 (Ilgenerbach) entspricht. Um einen Vergleichswert zu schaffen, werden die Jahresmittelwerte der einzelnen Stationen jeweils vor und seit der Wasserentnahme aufsummiert und durch die jeweilige Anzahl der Jahre dividiert. Es entstehen somit zwei Mittelwerte, ein Mittelwert des Abflusses im Zeitraum bis zur und ein zweiter seit der Entnahme. Bildet man nun das Verhältnis der beiden Mittelwerte so erhält man einen Einzelwert, welcher mit jenen der anderen Stationen unmittelbar vergleichbar ist. Ergibt sich als Verhältniszahl ein Wert von 1, bedeutet dies, dass es in den beiden Zeiträumen keine Änderung gab. Ein Wert größer 1 bedeutet, dass der Zeitraum vor der Wasserentnahme einen höheren mittleren Abfluss aufweist, umgekehrt bedeutet ein Wert kleiner 1 einen höheren

mittleren Abfluss im Zeitraum seit der Entnahme. In Tabelle 39 sind die Verhältniszahlen der ausgewählten Pegelstationen aufgelistet.

Pegel	Verhältniszahl
<b>MI2, Ilgenerbach</b>	<b>1,19</b>
ML2, Lamingbach	0,85
ME1, Hinterseeaubach	0,89
ME2, Seeaubach	0,97
ME3, Seeaubach	0,94

Tab. 39: Verhältniszahlen der mittleren Abflüsse  
ausgewählter Pegel vor und nach 1993 (Erklärung siehe Text)

Aus den Verhältniszahlen der ausgewählten Pegelstationen ist zu erkennen, dass alle Stationen, mit Ausnahme der von der Wasserentnahme betroffenen, im Zeitraum vor der Entnahme (1982 bis 1992) ein geringeres Abflussmittel aufweisen als im Zeitraum seit der Entnahme (1993 bis 2001). Es ist somit zu vermuten, dass die Wasserentnahme durchaus Auswirkungen auf die Station MI2 (Ilgenerbach) zeigt, ein eindeutige Absicherung wäre jedoch nur mittels weiterer Vergleichspegel am Ilgenerbach möglich.

Jahr	MQ
1982	0,95
1983	0,86
1984	0,77
1985	0,75
1986	0,75
1987	0,95
1988	0,88
1989	1,19
1990	0,72
1991	0,82
1992	0,98
1993	0,96
1994	0,74
1995	0,91
1996	1,19
1997	1,25
1998	1,07
1999	0,86
2000	1,02
2001	0,66

Tab.40: Jahresmittelwerte der Station MS2

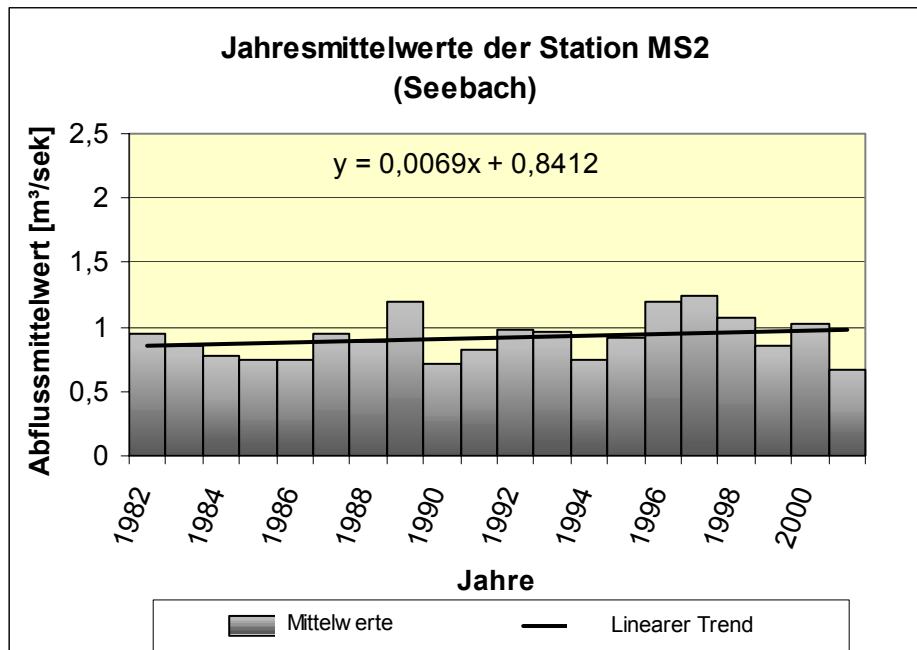


Abb.68: Grafik der Jahresmittelwerte des Abflusses der Station MS2

Jahr	MQ
1982	.
1983	0,21
1984	0,19
1985	0,19
1986	0,17
1987	0,26
1988	0,19
1989	0,25
1990	.
1991	.
1992	.
1993	0,27
1994	0,26
1995	0,32
1996	0,39
1997	0,37
1998	0,36
1999	0,29
2000	0,24
2001	0,13

Tab.41: Jahresmittelwerte der Station MF2

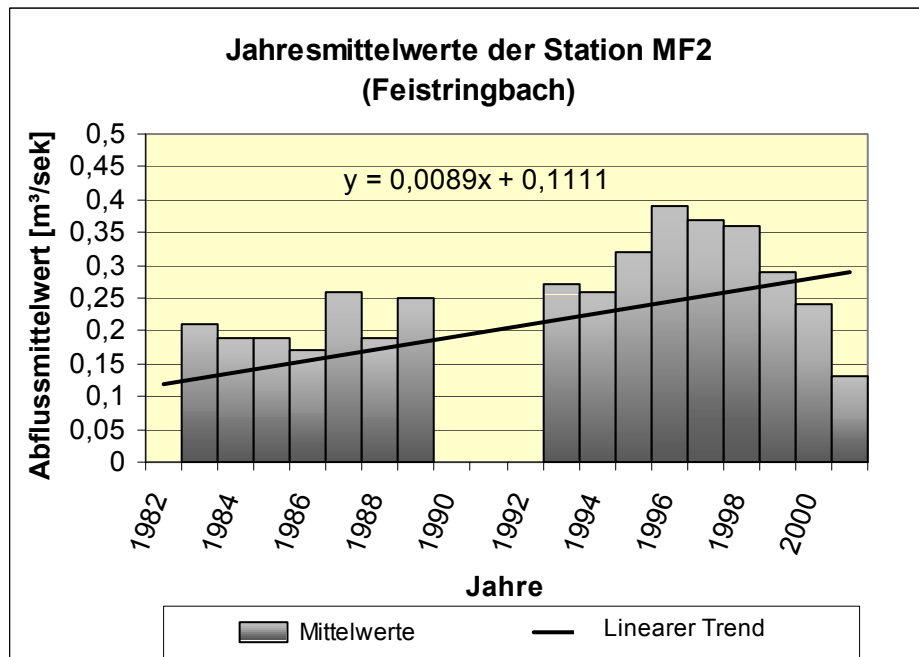
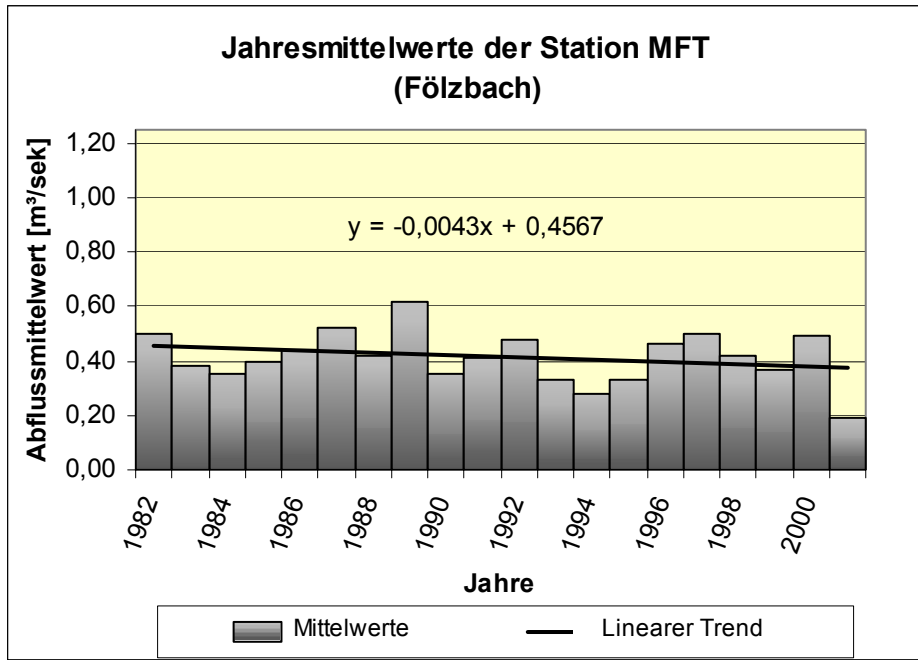


Abb.69: Grafik der Jahresmittelwerte des Abflusses der Station MF2

Jahr	MQ
1982	0,50
1983	0,38
1984	0,35
1985	0,40
1986	0,44
1987	0,52
1988	0,42
1989	0,62
1990	0,35
1991	0,41
1992	0,48
1993	0,33
1994	0,28
1995	0,33
1996	0,46
1997	0,50
1998	0,42
1999	0,37
2000	0,49
2001	0,19



Tab.42: Jahresmittelwerte der Station MFT  
Abb.70: Grafik der Jahresmittelwerte des Abflusses der Station MFT

Jahr	MQ
1971	0,18
1972	0,38
1973	0,28
1974	0,46
1975	0,63
1976	0,32
1977	0,37
1978	0,21
1979	0,34
1980	0,38
1981	0,42
1982	0,42
1983	0,36
1984	0,32
1985	0,29
1986	0,27
1987	0,36
1988	0,35
1989	0,70
1990	0,29
1991	0,35
1992	0,54
1993	0,34
1994	0,13
1995	0,25
1996	0,38
1997	0,43
1998	0,24
1999	0,26
2000	0,34

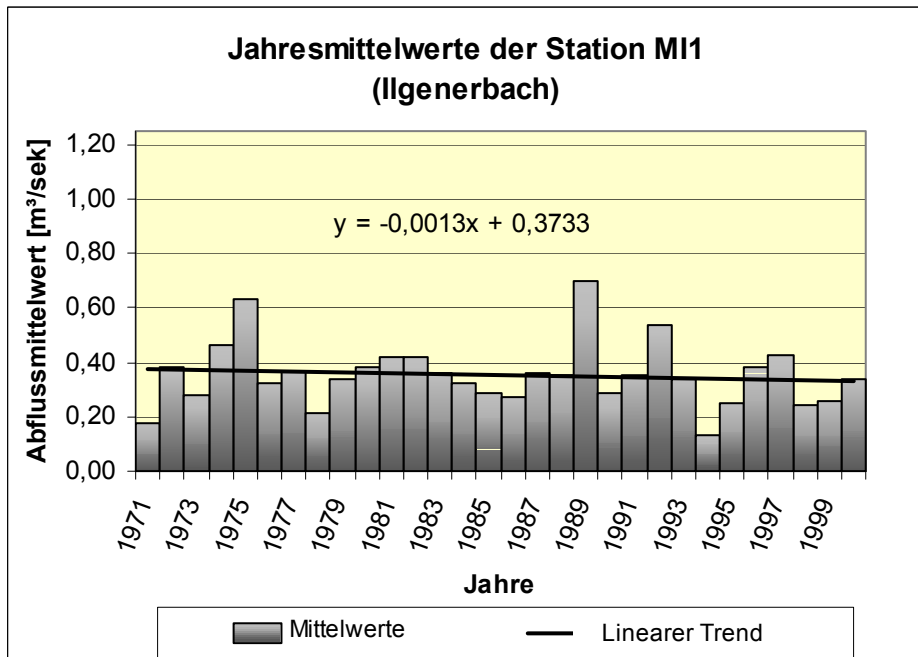


Abb.71: Grafik der Jahresmittelwerte des Abflusses der Station MI1

Tab.43: Jahresmittelwerte der Station MI1



Jahr	MQ
1975	0,96
1976	0,62
1977	0,71
1978	0,51
1979	0,65
1980	0,68
1981	0,79
1982	0,85
1983	0,65
1984	0,63
1985	0,59
1986	0,57
1987	0,66
1988	0,63
1989	1,01
1990	0,59
1991	0,64
1992	0,84
1993	0,68
1994	0,42
1995	0,53
1996	0,73
1997	0,82
1998	0,57
1999	0,56
2000	0,68
2001	0,34

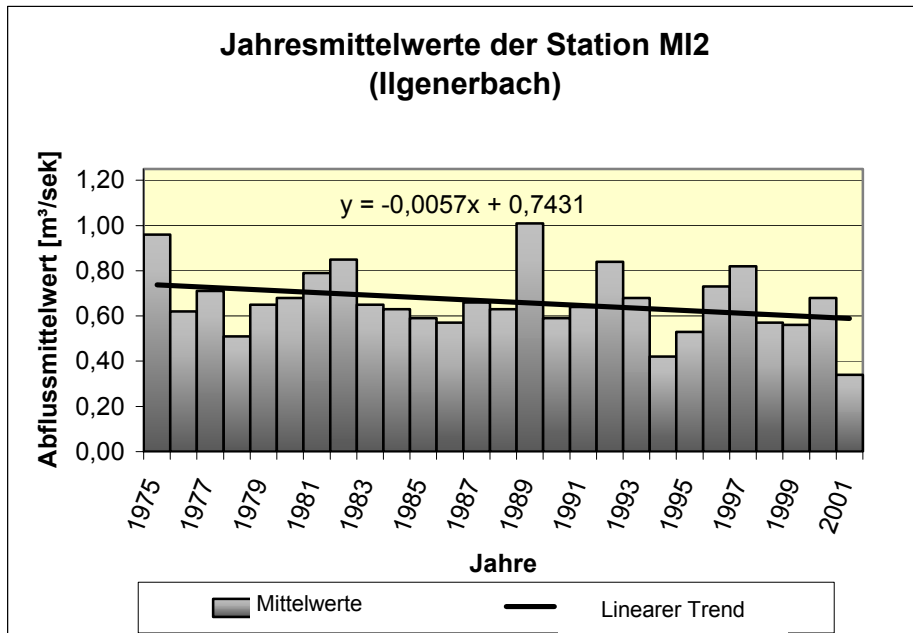
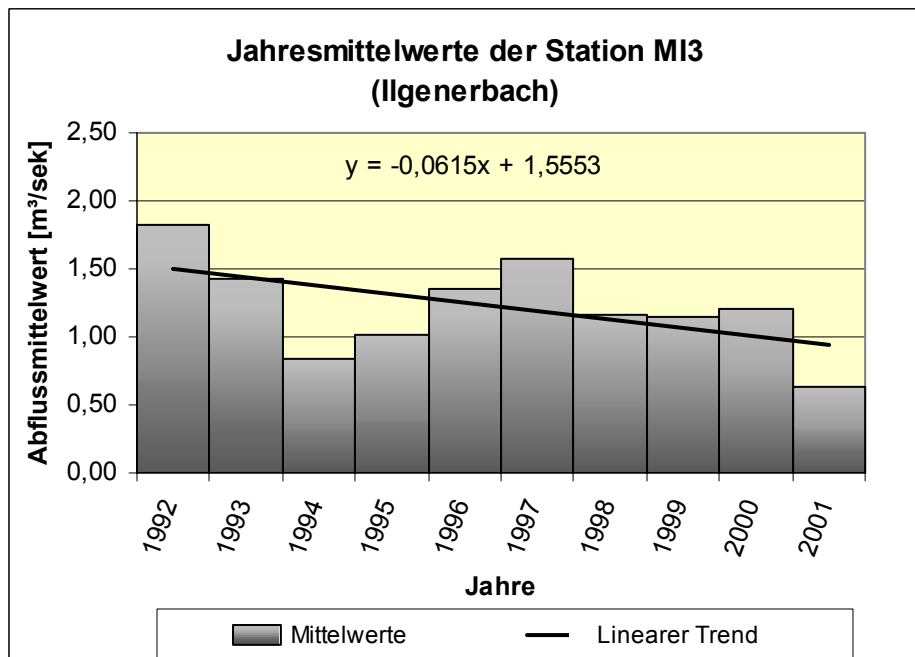


Abb.72: Grafik der Jahresmittelwerte des Abflusses der Station MI2

Tab.4: Jahresmittelwerte der Station MI2

Jahr	MQ
1992	1,83
1993	1,42
1994	0,84
1995	1,02
1996	1,35
1997	1,57
1998	1,16
1999	1,15
2000	1,20
2001	0,63



Tab.45: Jahresmittelwerte der Station MI3

Abb.73: Grafik der Jahresmittelwerte des Abflusses der Station MI3

Jahr	MQ
1982	0,17
1983	0,15
1984	0,14
1985	0,13
1986	0,12
1987	0,14
1988	0,13
1989	0,18
1990	0,12
1991	0,12
1992	0,18
1993	0,17
1994	0,12
1995	0,13
1996	0,16
1997	0,11
1998	0,08
1999	0,09
2000	0,12
2001	0,05

Tab.46: Jahresmittelwerte der Station ML1

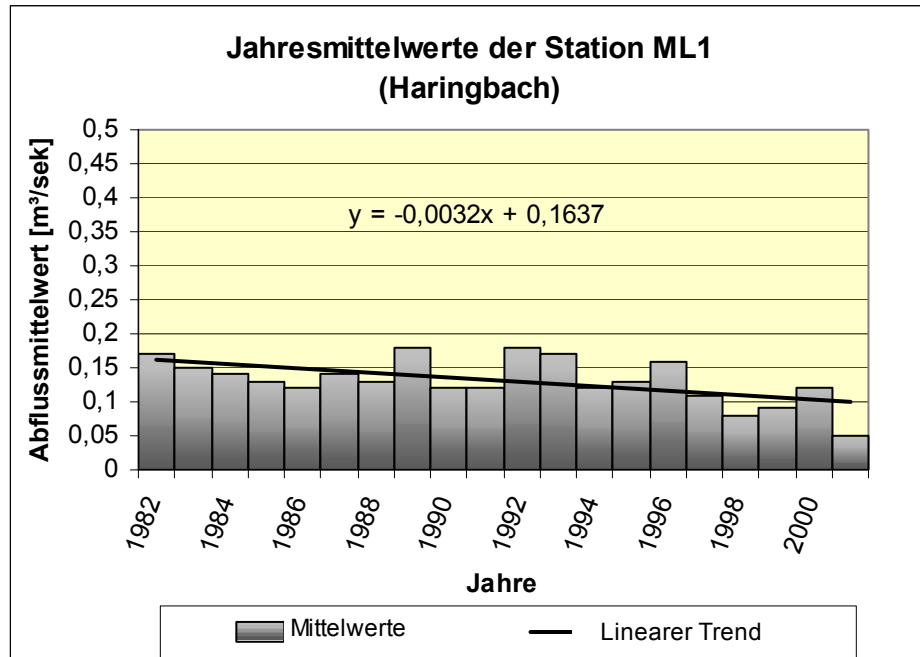


Abb.74: Grafik der Jahresmittelwerte des Abflusses der Station ML1

Jahr	MQ
1982	1,37
1983	1,14
1984	1,24
1985	1,13
1986	1,11
1987	1,56
1988	1,24
1989	1,96
1990	1,13
1991	1,30
1992	1,54
1993	1,49
1994	1,07
1995	1,72
1996	1,93
1997	2,01
1998	1,75
1999	1,43
2000	1,69
2001	1,13

Tab.47: Jahresmittelwerte der Station ML2

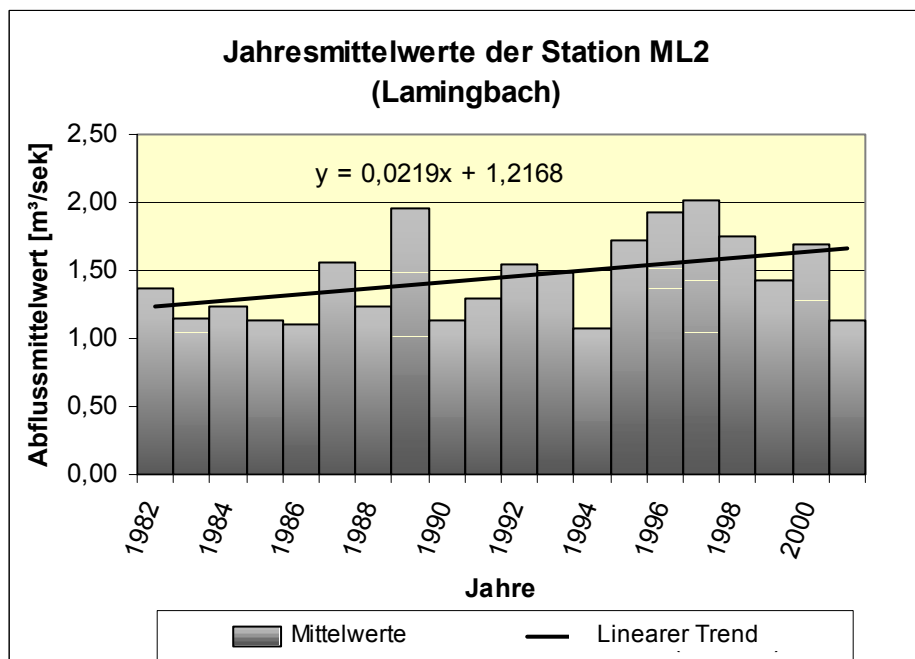
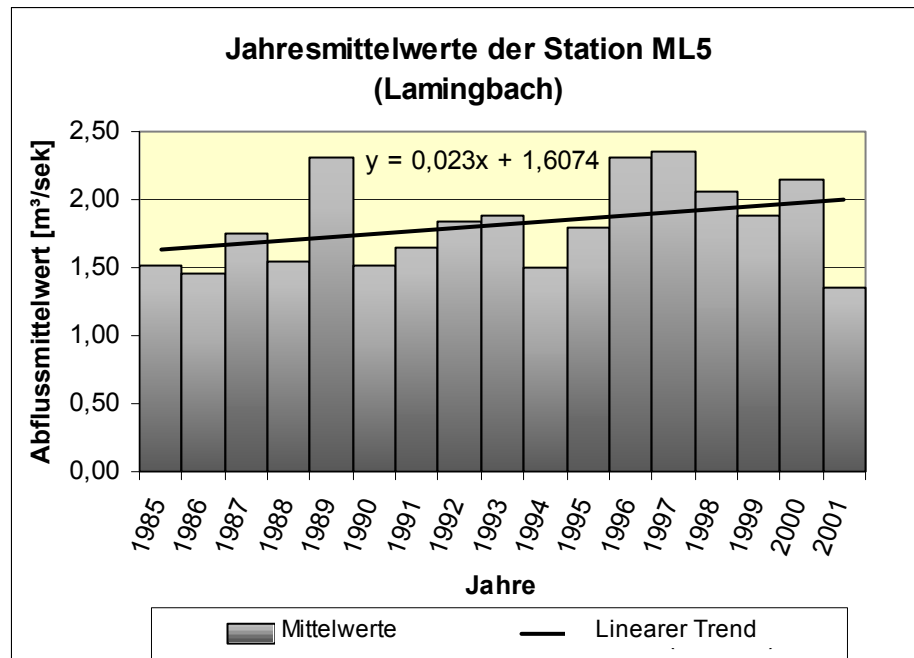


Abb.75: Grafik der Jahresmittelwerte des Abflusses der Station ML2

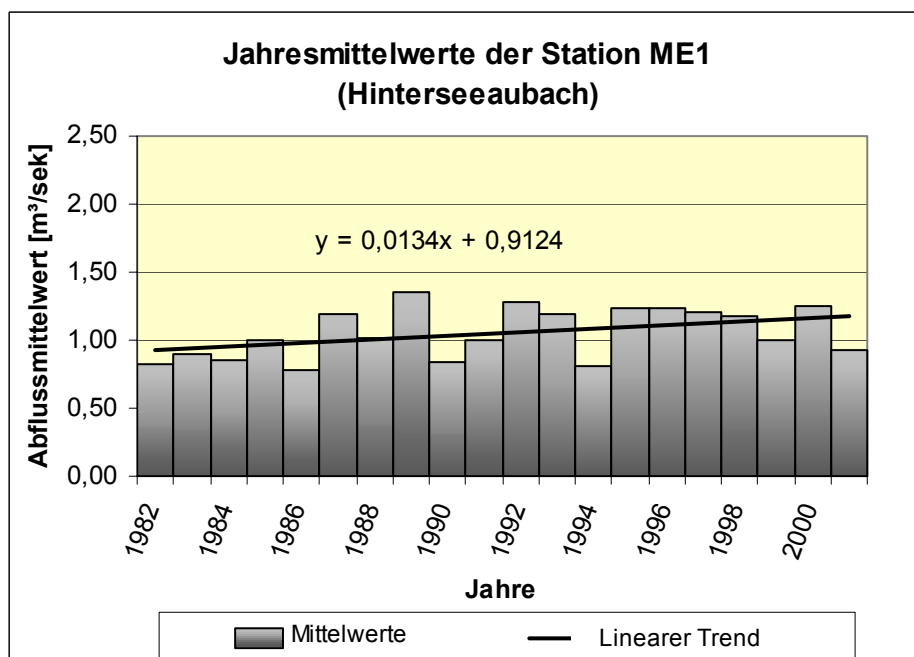
Jahr	MQ
1985	1,52
1986	1,46
1987	1,75
1988	1,54
1989	2,31
1990	1,51
1991	1,64
1992	1,84
1993	1,88
1994	1,50
1995	1,80
1996	2,31
1997	2,35
1998	2,06
1999	1,88
2000	2,14
2001	1,36



Tab.48: Jahresmittelwerte der Station ML5

Abb.76: Grafik der Jahresmittelwerte des Abflusses der Station ML5

Jahr	MQ
1982	0,82
1983	0,90
1984	0,85
1985	1,00
1986	0,78
1987	1,19
1988	1,01
1989	1,36
1990	0,84
1991	1,00
1992	1,28
1993	1,19
1994	0,81
1995	1,24
1996	1,24
1997	1,21
1998	1,17
1999	1,00
2000	1,25
2001	0,93



Tab.49: Jahresmittelwerte der Station ME1

Abb.77: Grafik der Jahresmittelwerte des Abflusses der Station ME1

Jahr	MQ
1982	1,08
1983	1,52
1984	1,67
1985	1,10
1986	0,94
1987	1,65
1988	1,25
1989	1,69
1990	1,05
1991	1,12
1992	1,32
1993	1,20
1994	1,20
1995	1,44
1996	1,85
1997	1,50
1998	1,32
1999	1,09
2000	1,52
2001	1,06

Tab.50: Jahresmittelwerte der Station ME2

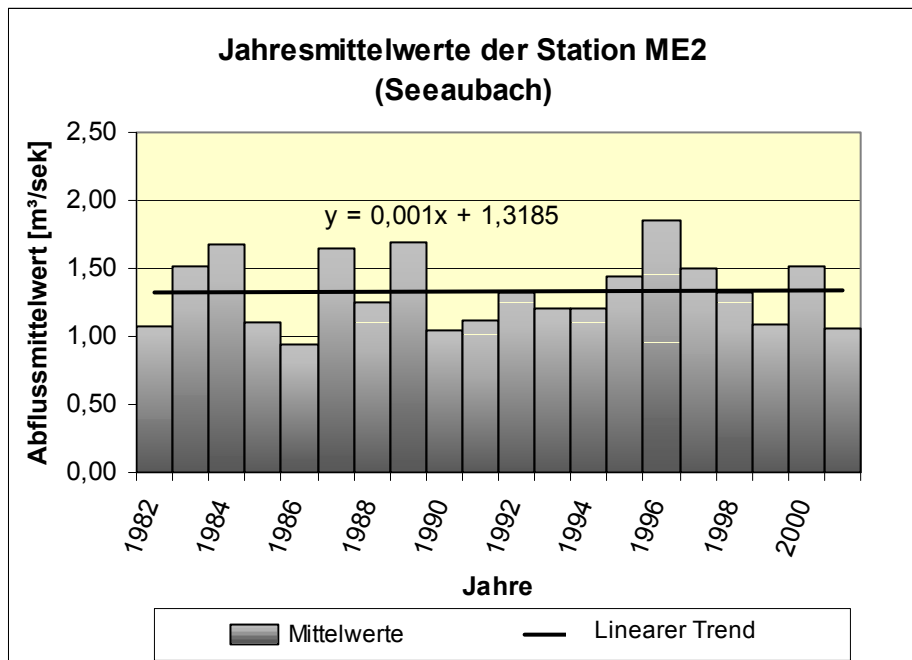


Abb.78: Grafik der Jahresmittelwerte des Abflusses der Station ME2

Jahr	MQ
1982	1,73
1983	1,62
1984	1,50
1985	1,60
1986	1,25
1987	1,99
1988	1,74
1989	2,35
1990	1,43
1991	1,76
1992	2,03
1993	1,85
1994	1,73
1995	1,73
1996	2,06
1997	2,22
1998	2,05
1999	1,52
2000	1,93
2001	1,44

Tab.51 Jahresmittelwerte der Station ME3

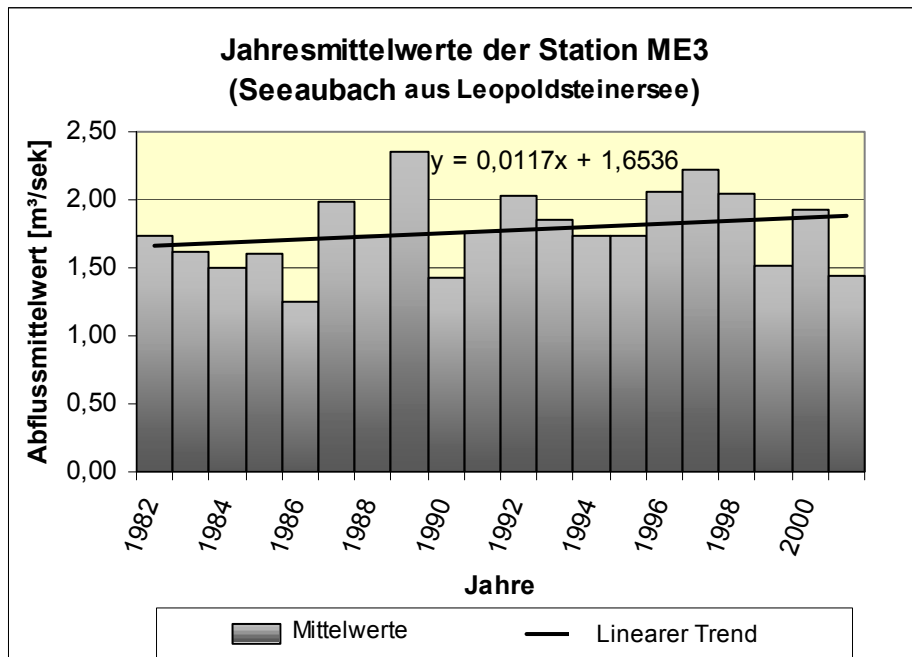


Abb.79: Grafik der Jahresmittelwerte des Abflusses der Station ME3

### **4.3.2. Vergleich der Jahrgänge des Abflusses**

In diesem Kapitel wird der Jahrgang des Abflusses näher betrachtet. Möglich gemacht wird dies durch die Monatsmittelwerte. Für diese Untersuchung wurde eine Pegelstation ausgesucht. Die Wahl fiel auf die Station MI2 (Ilgenerbach), der Grund dafür liegt darin, dass sie von der Wasserentnahme (seit 1993) betroffen ist und somit einen Vergleich zwischen den Perioden vor und seit der Entnahme ermöglicht. In Abb. 80 sind drei Jahrgänge veranschaulicht, und zwar jene der Jahre 1989, 2001 und der mittlere Jahrgang der gesamten Beobachtungsperiode. 1989 war das Jahr mit dem höchsten mittleren Abfluss, 2001 jenes mit dem niedrigsten. Der mittlere Jahrgang des Abfluss zeigt ein Winterminimum und einen steilen Anstieg in den Monaten Mai und Juni. Es folgt ein Sommermaximum in den Monaten Juni und Juli sowie ein im Vergleich zum Frühjahrsanstieg flacherer Abfall der Mittelwerte im Herbst. Vergleicht man 1989 wie bereits erwähnt ist es das Jahr mit dem höchsten Mittleren Abfluss mit dem mittleren Jahrgang, so stellt man fest, dass es in allen Monaten höhere Abflüsse aufweist. Man erkennt wiederum Sommermaximum und Winterminimum, jedoch ist das Maximum in den Monaten Juli, August und September. In diesem Zeitraum befinden sich auch die größten Abweichungen gegenüber dem Vergleichszeitraum.

Umgekehrte Verhältnisse stellen sich bei einem Vergleich zwischen dem Jahr 2001 (Jahr mit dem niedrigsten mittleren Abfluss) und den Mittelwerten der gesamten Beobachtungsreihe ein. Das Winterminimum ist hier wiederum erkennbar jedoch fehlt ein Maximum im Sommer, die Höchstwerte finden sich in den Monaten April und Mai. Im Bereich Mai bis September liegen die stärksten Abweichungen zur Vergleichsreihe vor.

Betrachtet man die mittleren Monatsniederschläge (Station Tragöß) (Abb.81) in der Jahren 1989 und 2001 bzw. der Periode 1975-2001 so ergibt sich ein ähnliches Bild. Im Vergleich zur Periode 1975-2001 weist das Jahr 1989 vor allem in den Sommermonaten erhöhte Niederschlagsmengen auf. Im Jahr 2001 sind die Monate Juli und August hervorzuheben, ihre Monatsmittel liegen deutlich unter jenen der langjährigen Vergleichsperiode.

Die Jahresmittelwerte des Niederschlages sind: 1358mm 1989, 856mm 2001 und 1091mm für die Periode 1975 bis 2001.

Die erheblichen Unterschiede der Abflussmengen in den Reihen 1989 und 2001 gemessen an dem Vergleichszeitraum 1975 bis 2001 sind auf verstärkte bzw. fehlende Niederschläge in den Sommermonaten zurückzuführen.

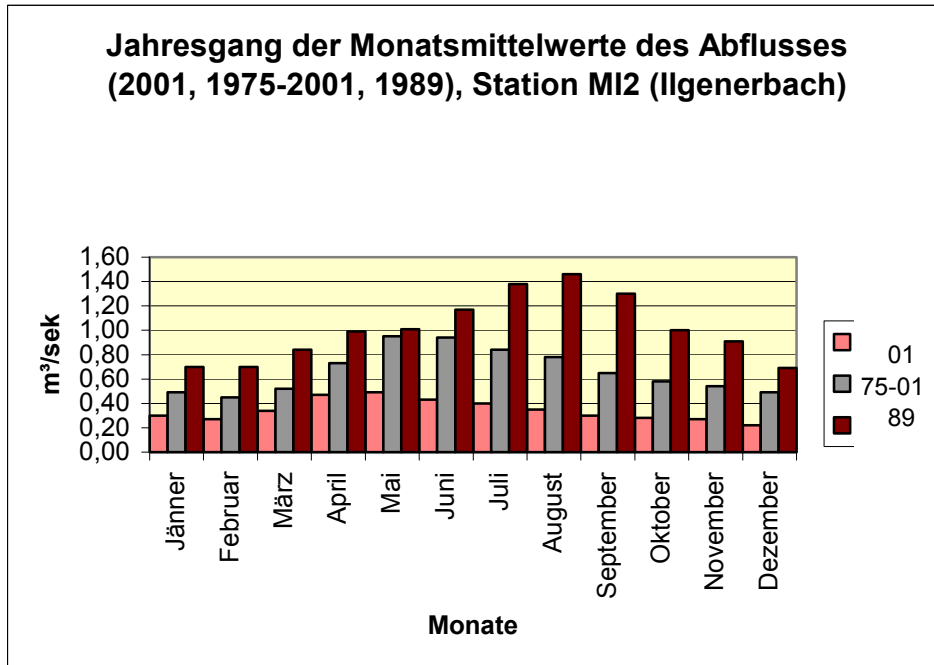


Abb.80: Jahresgang der Abflussmittelwerte 2001, 1975- 2001 und 1989

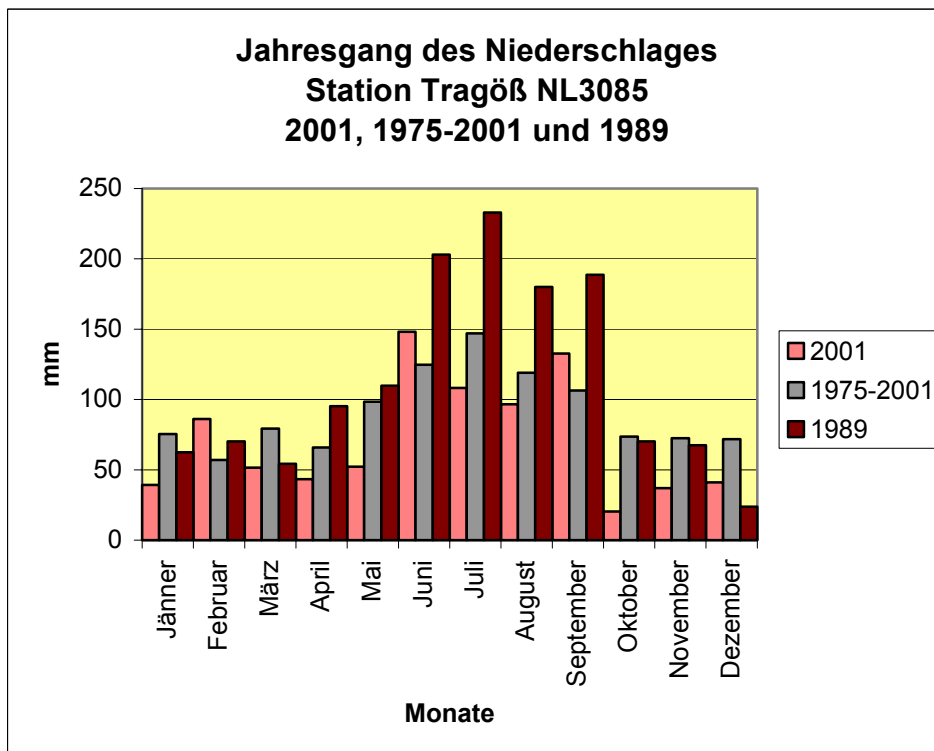


Abb.81: Monatsmittelwerte des Niederschlages Station Tragöß 2001, 1975- 2001 und 1989

Ein weiterer Blick soll nun auf die Perioden 1975 bis 1992 bzw. 1993 bis 2001 gerichtet sein. Wie bereits erwähnt, entsprechen sie den Zeiträumen vor- bzw. nach der Wasserentnahme durch die ZWHS. Die Abb. 81 spiegelt die in Kapitel 4.3.1. gewonnene Feststellung wieder, dass der Zeitraum 1993- 2001 ein geringeres Abflussmittel aufweist als der Zeitraum 1975 bis 1992. Es verzeichnen alle Monate der 1. Periode geringere Mittel als jene der 2. Periode. Wenn auch der Jahresgang der beiden Reihen ein ähnliches Bild zeigt, so ergeben sich doch jahreszeitliche Unterschiede. Am auffälligsten ist das Fehlen von Maximalwerten in den Monaten Juni, Juli und August in der Periode seit 1993, das Maximum ist hier im Frühling und Frühsommer. Sind die Abflusswerte in den Herbstmonaten nahezu identisch, im Winter und Frühling etwas geringer, so ist der Unterschied in den Sommermonaten klar erkennbar. Als Gründe der Unterschiede zwischen den Vergleichsperioden kämen die Wasserentnahme oder fehlende Niederschläge in Frage.

Die Monatsmittelwerte aller Pegelstationen sind auf der beigelegten CD- Rom gespeichert.

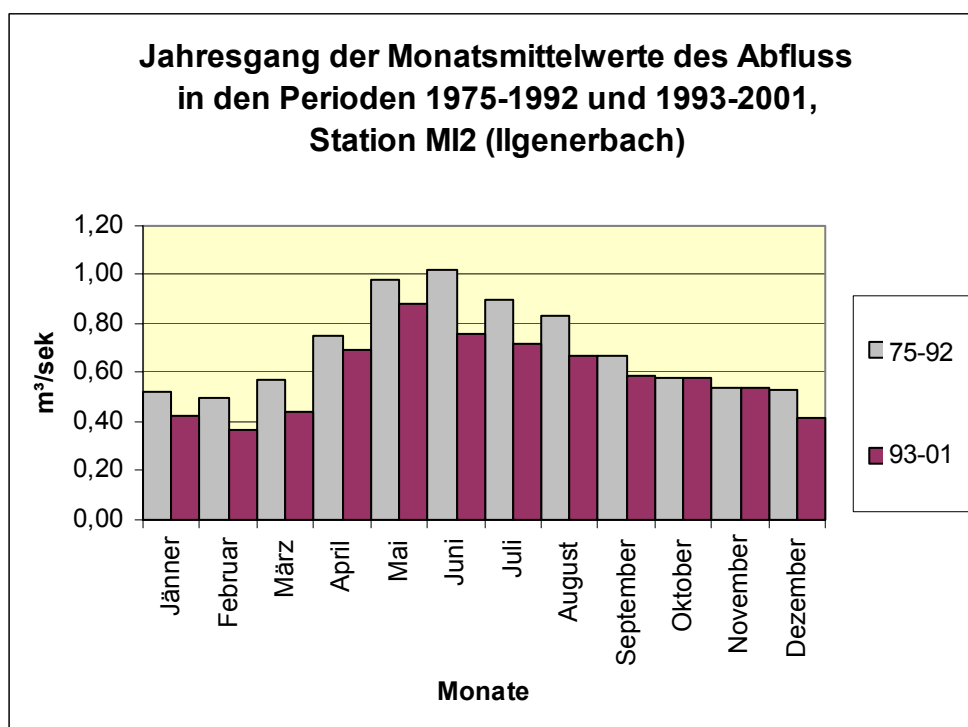


Abb.82: Jahresgang der Abflussmittelwerte 1975- 1992 und 1993- 2001

## 5. Schlussfolgerungen

Die Schlussfolgerungen beziehen sich auf die gewonnenen Erkenntnisse bei der Datenbearbeitung sowie die Ergebnisse der statistischen Untersuchungen und deren Analyse. Zunächst möchte ich auf die Pegelstationen eingehen, im Besonderen auf deren konstruktive Ausführung. Es sind Profile mit einem bis zum maximalen Wasserstand gleichbleibenden Querschnitt eindeutig jenen vorzuziehen deren Querschnitt sich ab einem gewissen Wasserstand ändert. Der Grund dafür liegt darin, dass die Abflussmessung zumeist bei einem niedrigen Wasserstand vorgenommen wird, die erzielten Abflusswerte jedoch nicht auf einen größeren Querschnitt übertragbar sind. Daraus ergibt sich eine mögliche Fehlerquelle bei der Erstellung der Schlüsselkurven und in weiterer Folge nicht den natürlichen Verhältnissen entsprechende Abflussmengen. Zu den Abflussmessungen ist anzumerken, dass 2 bis 4 Messungen jährlich und nicht wie bisher ca. 12, ausreichend sind, da der Messquerschnitt keiner Veränderung unterliegt.

Aus dem Vergleich der Reihen des jährlichen mittleren Abflusses ist zu erkennen, dass sich zum Teil unterschiedliche Ergebnisse der einzelnen Stationen einstellen. Die gewonnenen Erkenntnisse sind somit nur bedingt auf andere Stationen übertragbar. Im allgemeinen ist jedoch ein leichter Anstieg des mittleren jährlichen Abflusses zu verzeichnen, woraus man gewisse Ähnlichkeiten im Abflussverhalten der Pegel ablesen kann. Wesentlich konkretere Aussagen lassen sich im Bezug auf Auswirkungen der Wasserentnahme durch die Zentralwasserversorgung Hochschwab-Süd treffen. Bei der betreffenden Messstelle MI2 (Ilgenerbach) wurden eindeutig geringere Abflussmengen seit der Wasserentnahme aufgezeichnet. Man kann daher Rückschlüsse auf mögliche Auswirkungen der Wasserentnahme ziehen. Dies wird auch durch einen Vergleich der Jahregänge vor und seit der Entnahme bestätigt. Für einen eindeutigen Beweis wäre die Berücksichtigung der Niederschlagsverhältnisse sowie die Einbeziehung von Grundwassermessstellen nötig.



## 6. Literaturverzeichnis

- BARNER, J., 1987: Hydrologie. Eine Einführung für Naturwissenschaftler und Ingenieure. – Quelle&Meyer, Heidelberg, 253 S.
- BAUMANN, H., SCHENDL, U., MANN, G., 1974: Wasserwirtschaft in Stichworten – Wasserhaushalt und seine Regelung. – Verlag Ferdinand Hirt, Kiel, 204 S.
- DYCK, S., 1980: Angewandte Hydrologie – Der Wasserhaushalt der Flussgebiete. – Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin, 538 S.
- Dyck, S., Peschke, G., 1995: Grundlagen der Hydrologie. – Verlag für Bauwesen, Berlin, 536 S.
- FABIANI, E., WEISSENSTEINER, V., WAKONIGG, H., 1980: Grund- und Karstwasseruntersuchungen im Hochschwabgebiet - Teil I- Naturräumliche Grundlagen - Geologie – Morphologie – Klimatologie. –In Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Band 44, Graz, 142 S.
- FABIANI, E., 1980: Grund- und Karstwasseruntersuchungen im Hochschwabgebiet - Teil II- Die Untersuchungen – Geschichte – Durchführung . Methodik. –In Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Band 45, Graz, 60 S.
- FABIANI, E., 1980: Grund- und Karstwasseruntersuchungen im Hochschwabgebiet - Teil V- Untersuchungen in den südlichen Hochschwabtälern (Ilgenertal – Seegrabental). –In Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Band 48, Graz, 242 S.
- GRÜNEWALD, U., 1994: Wasserwirtschaft und Ökologie. – Eberhard Blottner Verlag, Taunusstein, 266 S.
- HERMANN, R., 1977: Einführung in die Hydrologie. –B. G. Teubner, Stuttgart, 151 S.
- HÖLTING, B., 1996: Hydrologie. –Enke, Stuttgart, 413 S.
- KREPS, H., 1975: Praktische Arbeit in der Hydrographie. – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien, 227 S.
- MANIAK, U., 1997: Hydrologie und Wasserwirtschaft. –Springer Verlag, Berlin, 650 S.
- MÜLLER, T., 1999: Wörterbuch und Lexikon der Hydrogeologie. –Springer Verlag, Berlin, 367 S.
- NUSSMÜLLER, C., 2002: Analyse der Grundwasserdynamik im Raum Buchberg - Hinteres Ilgenertal. - Diplomarbeit Karl-Franzens-Uni Graz, 219 S.

- RICHTIG, G., 1995: Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft – Untersuchungen zur Abflusentstehung bei Hochwasserereignissen in kleinen Gebieten. –Diss. An der Technischen Universität Graz, Graz, 146 S.
- SACKL, B., 1994: Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft – Ermittlung von Hochwasser-Bemessungsganglinie in beobachteten und unbeobachteten Einzugsgebieten. –TU Graz, Graz, 253 S.
- SEIFERT, V., 2002: Regionalisierung physiogeographischer Faktoren zur Bewertung Hydrologischer Differenzierung von Teileinzugsgebieten im Wechselgebiet. – Diplomarbeit Karl-Franzens-Uni Graz, 139 S.
- STROBL, E., 1992: Hydrogeologie des westlichen Hochschwab, nördlich von Eisenerz (Steiermark). –Diss. Karl-Franzens-Uni. Graz, 71 S.
- WAKONIGG, H., 1978: Witterung und Klima der Steiermark. –Verlag für die Technische Universität Graz, Graz, 473 S.
- WILHELM, F., 1993: Hydrogeographie. Grundlagen der allgemeinen Hydrographie. – Westermann Schulbuchverlag, Braunschweig, 227 S.
- ZÖTL, J., 1974: Karsthydrogeologie. –Springer Wien, Wien, 291 S.
- ZÜCKERT, G., 1994: Versuch einer landschaftsökologischen Gliederung des südlichen Hochschwabgebietes und seiner Vorzonen. –Diplomarbeit Karl-Franzens-Uni Graz, 454 S.