



universität  
wien

# Diplomarbeit

TITEL DER DIPLOMARBEIT

## **Visualisierungsmethoden in der Hydrologie Aktuelle Methoden für Printmedien**

Verfasser

Roland HERNDLER

Angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im Oktober 2008

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 455

Studienrichtung lt. Studienblatt: Kartographie und Geoinformation

Betreuerin: Tit. Univ.-Prof. Dr. Ingrid Kretschmer



# INHALT

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>I</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>V</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS</b> .....	<b>VII</b>
<b>VORWORT</b> .....	<b>VIII</b>
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Formulierung der Fragestellungen der Diplomarbeit</b> .....	<b>3</b>
<b>1.2 Methoden der Problemlösung</b> .....	<b>4</b>
1.2.1 Recherche des Forschungsstandes.....	4
1.2.2 Produktanalyse moderner Beispiele.....	4
1.2.3 Experimentelle Kartographie .....	5
<b>2 THEMENBEREICH HYDROLOGIE</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1 Definitionen hydrologischer Grundbegriffe</b> .....	<b>7</b>
2.1.1 Hydrologie .....	7
2.1.2 Wasserkreislauf und Wasserbilanz .....	7
2.1.3 Hydrographie .....	9
2.1.4 Wasserwirtschaft .....	10
<b>2.2 Hydrologie und Kartographie als Nachbarwissenschaften</b> .....	<b>10</b>
2.2.1 Hydrologie der Atmosphäre.....	12
2.2.2 Hydrologie des Oberflächenwassers.....	13
2.2.2.1 Hydrologie der Fließgewässer und Seen .....	13
2.2.2.2 Hydrologie von Schnee und Eis .....	14
2.2.3 Hydrologie des unterirdischen Wassers.....	14
<b>3 HYDROLOGISCHE KARTEN UND ATLANTEN</b> .....	<b>16</b>
<b>3.1 Begriffsbestimmungen</b> .....	<b>16</b>
3.1.1 Hydrographische Karten.....	16
3.1.2 Hydrologische Karten .....	19
3.1.3 Hydrogeologische Karten und Grundwasserkarten .....	21

---

<b>3.2</b>	<b>Geschichtliche Entwicklung hydrologischer Karten und Atlanten</b> .....	<b>23</b>
3.2.1	Vorläufer hydrologischer Karten bis Mitte des 19. Jahrhunderts .....	24
3.2.1.1	Binnengewässerkarten .....	24
3.2.1.2	Stromkartenwerke .....	24
3.2.2	Entwicklung seit Mitte des 19. Jahrhunderts .....	25
<b>3.3</b>	<b>HAÖ – Hydrologischer Atlas Österreichs</b> .....	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>HYDROLOGISCHE FACHDATEN</b> .....	<b>29</b>
<b>4.1</b>	<b>Erfassung hydrologischer Fachdaten</b> .....	<b>29</b>
4.1.1	Messdaten .....	31
4.1.1.1	Hydrometeorologische Messnetze in Österreich .....	31
4.1.1.2	Messnetze für Oberflächenwasser – Wasserstand und Abfluss .....	32
4.1.1.3	Messnetze für Oberflächenwasser – Gewässerqualität .....	34
4.1.1.4	Messnetze für unterirdisches Wasser .....	35
4.1.1.5	Messnetze für Schneemessstellen und Gletscher .....	36
4.1.1.6	Wiederholungsmessungen .....	37
4.1.2	Bilddaten .....	37
4.1.3	Kartendaten .....	37
4.1.4	Daten aus Hydrologischen Modellen und Geoinformationssystemen (GIS) .....	38
<b>4.2</b>	<b>Qualität hydrologischer Fachdaten</b> .....	<b>39</b>
4.2.1	Metadaten .....	39
4.2.2	Qualitätssicherung im Hydrographischen Zentralbüro in Österreich .....	40
4.2.2.1	Qualitätssicherung bei der Erfassung .....	40
4.2.2.2	HyDaMs - Qualitätssicherung bei der Weiterverarbeitung .....	42
4.2.3	Qualitätsbeschreibende Attribute .....	43
<b>4.3</b>	<b>Formale Anforderungen an hydrologische Daten für die Visualisierung</b> .....	<b>44</b>
4.3.1	Raumbezug .....	44
4.3.2	Sachbezug .....	46
4.3.3	Zeitbezug .....	48
<b>4.4</b>	<b>Besonderheiten Hydrologischer Daten und ihre Auswirkungen</b> .....	<b>50</b>
<b>5</b>	<b>KARTOGRAPHISCHE VISUALISIERUNG - GRUNDKARTENELEMENTE</b> .....	<b>51</b>
<b>5.1</b>	<b>Maßstabsfrage</b> .....	<b>51</b>
<b>5.2</b>	<b>Allgemeines zur topographischen Grundkarte</b> .....	<b>51</b>

---

<b>5.3</b>	<b>Grundkarten für hydrologische Karten .....</b>	<b>53</b>
5.3.1	Gewässernetz und Gletscher .....	53
5.3.2	Gelände .....	60
5.3.3	Siedlungsnetz .....	62
5.3.4	Verwaltungsgrenzen .....	63
5.3.5	Namengut .....	64
5.3.5.1	Gewässernamen .....	64
5.3.5.2	Siedlungsnamen .....	66
5.3.5.3	Mehrnamigkeit geographischer Objekte .....	67
5.3.5.4	Neue Rechtschreibung .....	68
5.3.5.5	Visualisierung des Namengutes .....	69
<b>6</b>	<b>KARTOGRAPHISCHE VISUALISIERUNG - FACHDATEN .....</b>	<b>71</b>
<b>6.1</b>	<b>Kartographische Gestaltungsmittel und graphische Variable .....</b>	<b>71</b>
6.1.1	Diskreta .....	72
6.1.1.1	Punkte .....	72
6.1.1.2	Linien .....	72
6.1.1.3	Fläche .....	73
6.1.1.4	Signaturen .....	76
6.1.1.5	Diagramme .....	82
6.1.2	Kontinua .....	84
6.1.3	Kartenschrift .....	86
<b>6.2</b>	<b>Pegelsignaturen – ein besonderer Zeichensatz der Hydrologie .....</b>	<b>87</b>
6.2.1	Kombinationsfähigkeit von Signaturen .....	89
6.2.2	Internationale Pegelsymbole .....	90
6.2.3	Karte der Abflussmessstellen im HAÖ .....	92
<b>6.3</b>	<b>Farbe – die wichtigste graphische Variable in der Hydrologie .....</b>	<b>94</b>
6.3.1	Konventionen und Richtlinien .....	94
6.3.2	Farbassoziationen .....	95
6.3.2.1	Farbgebung nach dem Empfindungswert .....	95
6.3.2.2	Naturnahe Farbgebung .....	96
6.3.3	Farbskalen in der Hydrologie .....	96
6.3.4	Grundsätze und Regeln der Farbzuordnung .....	98
<b>6.4</b>	<b>Visualisierung der Saisonalität hydrologischer Größen .....</b>	<b>99</b>
6.4.1	Einsatz von Diagrammen .....	99
6.4.1.1	Kurven- und Säulendiagramm .....	99
6.4.1.2	Polarkoordinatendiagramm .....	101

---

6.4.2	Liniensignaturen und Banddarstellungen .....	103
6.4.3	Flächenhafte Darstellung durch Interpolation der Werte.....	105
6.4.4	Einsatz von Kartenfolgen.....	106
<b>6.5</b>	<b>Komplexität hydrologischer Karten .....</b>	<b>107</b>
6.5.1	Analytische Karten.....	107
6.5.2	Komplexe Karten .....	108
6.5.3	Synthesekarten.....	109
<b>6.6</b>	<b>Kombination von Gestaltungsmittel in der Hydrologie.....</b>	<b>111</b>
6.6.1	Regeln zur Kombination von Gestaltungsmittel .....	111
6.6.2	Einfluss der Legendengestaltung .....	113
6.6.3	Beispiele zur Kombination von Gestaltungsmittel aus dem HAÖ .....	114
<b>7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>116</b>
	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>119</b>
	<b>LEBENS LAUF.....</b>	<b>125</b>
	<b>EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG.....</b>	<b>126</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Schematische Darstellung des allgemeinen Wasserkreislaufprozesses .....	8
Abb. 2: Die Hydrologie und ihre Nachbarwissenschaften .....	11
Abb. 3: Gliederungsrahmen für die Hydrologie .....	12
Abb. 4: Ausschnitt aus der Karte „Orohydrographie Deutschlands“ aus dem HAD .....	17
Abb. 5: Ausschnitt aus der Karte „Gewässernetzdichte“ aus dem HAÖ .....	18
Abb. 6: Ausschnitt aus der Karte „Normierte mittlere Hochwasserspense“ aus dem HAÖ .....	20
Abb. 7: Ausschnitt aus der Karte „Biologische Gewässergüte“ aus dem HAÖ .....	20
Abb. 8: Ausschnitt aus der Karte „Mittlere jährliche Abflusshöhe aus der Wasserbilanz“ aus dem HAÖ .....	21
Abb. 9: Ausschnitt aus der Karte „Hydrogeologie“ aus dem HAÖ .....	22
Abb. 10: Ausschnitt aus der „Karte des Donau-Stromes innerhalb der Grenzen des Österreichischen Kaiserstaates“ .....	25
Abb. 11: Inhaltliche Gliederung des Hydrologischen Atlas Österreichs .....	28
Abb. 12: Erfassung von Hydrologischen Fachdaten .....	30
Abb. 13: Lattenpegel an der Messstelle am Langenaubach .....	32
Abb. 14: Messung mit Schwimmflügel .....	33
Abb. 15: Entwicklung der Messstellenanzahl an Oberflächengewässern .....	34
Abb. 16: Entwicklung des Grundwasser-Messnetzes .....	35
Abb. 17: Datenfluss innerhalb des HZB .....	42
Abb. 18: Screenshot einer Hydams – Szene .....	43
Abb. 19: Ganglinien der mittleren monatlichen Abflüsse der Stationen Mittersil und Schwechat ...	48
Abb. 20: Flussnetztypen .....	54
Abb. 21: Flussläufe vor und nach der geometrischen Generalisierung .....	55
Abb. 22: Inhaltliche Generalisierung stehender Gewässer .....	56
Abb. 23: Flussordnungssysteme .....	57
Abb. 24: Klassifikation von Fließgewässern nach dem Flussordnungskonzept von Strahler .....	58
Abb. 25: Fließgewässer des HAÖ .....	58
Abb. 26: Gewässernetz des HAÖ .....	59
Abb. 27: Ausschnitt aus der Schummerung des HAÖ .....	61
Abb. 28: Darstellung der Siedlungsgebiete im HAÖ .....	62
Abb. 29: Darstellung der politischen Grenzen im HAÖ (MS 1 : 1 000 000) .....	63
Abb. 30: Gemeinsamkeitsbereiche toponymischer Datenbanken in Österreich .....	65
Abb. 31: Auszug aus dem hydrographischen Flächenverzeichnis .....	65
Abb. 32: Verwendung von Punkten zur Darstellung der Grundwassermessstellen .....	72
Abb. 33: Verwendung von Linien zur qualitativen Unterscheidung der Fließgewässer .....	73
Abb. 34: Verwendung farbvariiertes Flächen zur Darstellung von Grundwassergebieten .....	74
Abb. 35: Verwendung von Einzugsgebieten als Bezugsfläche (Betrachtungsfläche) .....	75
Abb. 36: Geometrischen Positionssignaturen zur Darstellung der Gewässergütemessstellen .....	77

---

Abb. 37: Verwendung von gestuften Bildsignaturen zur Darstellung der Neuschneehöhe .....	78
Abb. 38: Wahl des Signaturenmaßstabs: zu klein, richtig und zu groß. ....	79
Abb. 39: Verwendung eines stetigen Signaturenmaßstabs zur Darstellung der Gewässertemperatur.....	79
Abb. 40: Flächenproportionale Umsetzung der Werte zur Visualisierung des.....	80
Abb. 41: Variationsmöglichkeiten von Liniensignaturen.....	81
Abb. 42: Verwendung von Liniensignaturen zur Visualisierung des Abflusses .....	82
Abb. 43: Darstellung von Quantitäten mittels Stabdiagramm. ....	83
Abb. 44: Darstellung von Quantitäten mittels Flächendiagramm.....	84
Abb. 45: Visualisierung von Kontinua als Wertefeld, mit Isolinien, mit Hilfe von Intervallflächen ....	84
Abb. 46: Darstellung von Kontinua mittels Isolinien und Intervallflächen.....	86
Abb. 47: Pegelsymbole des Hydrographischen Zentralbüros .....	87
Abb. 48: Pegelsymbol versus geometrische Signatur.....	88
Abb. 49: Ausschnitt aus dem Hydrographischen Jahrbuch - Lageangabe von Pegeln .....	88
Abb. 50: Signaturen für Niederschlag, Lufttemperatur und Verdunstung. ....	89
Abb. 51: Ausschnitt aus der Karte "Übersichtskarte mit den hydrographischen Beobachtungsstellen in Österreich" des HZB.....	90
Abb. 52: Pegelsymbole der Karte „Ausgewählte Pegel an oberirdischen Gewässern“ aus dem HAD ....	91
Abb. 53: Schweizer Pegelsymbole.....	91
Abb. 54: Pegelsymbole im Hydrologischen Atlas der Schweiz.....	92
Abb. 55: Ausschnitt der Zeichenerklärung der Karte der „Abflussmessstellen“ aus dem HAÖ .....	93
Abb. 56: Eingebürgerte Farbgebung für die Gewässerqualität. ....	95
Abb. 57: Bipolare Farbskala zur Darstellung Saisonaler Trends aus dem HAÖ.....	97
Abb. 58: Unipolare Farbskala zur Visualisierung der „Regionalisierten Niederwasserspende“ aus dem HAÖ.....	97
Abb. 59: Spektralfarbenreihe.....	98
Abb. 60: Jahresgang der Wassertemperatur an der Station Lunz am See .....	100
Abb. 61: Ausschnitt aus der Karte „Schwankungsbreite der monatlichen Abflüsse“ aus dem Hydrologischen Atlas der Bundesrepublik Deutschland .....	100
Abb. 62: Saisonalität von Niederwasser und Hochwasser.....	101
Abb. 63: Saisonalität der Jahreshöchsthochwässer .....	102
Abb. 64: Ausschnitt aus der Karte "Niederwasser – kleinste Mehrtagesmittel des Abflusses" aus dem HADES .....	103
Abb. 65: Natürliche Regimetypen der Schweiz aus dem HADES.....	104
Abb. 66: Ausschnitt aus der Karte "Saisonalität von Niederschlag und Abfluss" aus dem HAÖ...	105
Abb. 67: Saisonales Verhalten des Abflusses aus dem HAÖ.....	106
Abb. 68: Ausschnitt aus der Karte der "Mittleren Jahresniederschlagshöhe" aus dem HAÖ .....	108
Abb. 69: Zeichenerklärung der Karte "Wassertemperaturen" aus dem HAÖ .....	109
Abb. 70: Verwendung von Dreiecksdiagrammen zur Typenbildung aus dem HAÖ .....	110
Abb. 71: Kombination von Positionssignatur und Flächendarstellung .....	112



---

Abb. 72: Gliederung der Zeichenerklärung zur hierarchischen Ordnung der Darstellungsebenen...	113
Abb. 73: Kombination von Punkt, Linie, Fläche, Signatur und Kartenschrift im HAÖ.....	114
Abb. 74: Kombination von Positionssignatur, Liniensignatur und Fläche .....	115

## **Tabellenverzeichnis**

Tab. 1: Die größten Niederschlagsmessstellenbetreiber Österreichs (Stand: 2001).....	31
Tab. 2: Beispiele für Skalenniveaus in der Hydrologie.....	47
Tab. 3: Beobachtungsfrequenz hydrologischer Größen in Österreich.....	49
Tab. 4: Im HAÖ verwendete Kartenschriften .....	70

## **Vorwort**

Mein aufrichtiger Dank geht an Dr. Ingrid Kretschmer für die fachliche Unterstützung im Rahmen der Erstellung dieser Arbeit.

Ein besonderer Dank an Dr. Josef Fürst und Dr. Karel Kriz für die langjährige, gute Zusammenarbeit am Hydrologischen Atlas Österreichs. Mein Dank gilt auch meinen ehemaligen Arbeitskollegen am Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft, besonders den Kartographen Michael Heuberger und Nikolai Hafner, für das angenehme und freundschaftliche Arbeitsumfeld.

Für die Genehmigung der Verwendung von Kartenbeispielen aus dem „Hydrologischen Atlas Österreichs“ danke ich dem Herausgeber, dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

Ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern, für die treue Unterstützung während meines Studiums.

*„Der Ursprung aller Dinge ist das Wasser;  
aus dem Wasser ist alles, und ins Wasser kehrt alles zurück“*

Thales von Milet (624 – 546 v.Chr.)

## 1 Einleitung

Während in unserer Gesellschaft Wasser ständig in ausreichenden Mengen und guter Qualität vorhanden ist, bleibt es für ein Drittel der Weltbevölkerung ein knappes und wertvolles Gut. Durch begrenztes Vorkommen, ungleiche Verteilung, Übernutzung und Verunreinigung sind die Wasservorräte in vielen Regionen und Ländern stark gefährdet. Besonders die Entwicklungsländer leiden unter einer Wasserknappheit und unzureichenden Versorgung. Steigendes Bevölkerungswachstum führt zusätzlich zu einer Verschärfung des Problems, Konflikte sind vorprogrammiert. Im Bewusstsein, dass Problemlösungen im Zusammenhang mit der Ressource Wasser nur auf internationaler Ebene gelöst werden können, beschäftigen sich die Vereinten Nationen seit mehreren Jahrzehnten intensiv mit wasserbezogene Fragestellungen.

Von 1965 bis 1974 wurden von der UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) im Rahmen der Hydrologischen Dekade (IHD), regionale und internationale Forschungsprojekte auf dem Gebiete der Hydrologie gefördert. Aus der Internationalen Hydrologischen Dekade der UNESCO, hat sich das IHP (Internationales Hydrologisches Programm) als langfristiges wissenschaftliches Programm entwickelt. Ziel des IHP ist die Förderung hydrologischer Forschung, um auf wissenschaftlicher Basis eine nachhaltige Wasserbewirtschaftung zu ermöglichen. Wie wichtige diese Forschung ist, zeigt der „Weltwasserbericht 2003“<sup>1</sup> der UNESCO. Demnach haben 1,1 Milliarden Menschen, etwa ein Sechstel der Weltbevölkerung, keinen Zugang zu sauberem Wasser. 40% der Weltbevölkerung verfügen nicht über eine adäquate Abwasserentsorgung. Verschmutztes Wasser und fehlende Abwasserentsorgung sind die Ursache für 80% der Krankheiten in Entwicklungsändern.

---

<sup>1</sup> [http://www.unesco.de/fileadmin/medien/Dokumente/Wissenschaft/WWDR\\_1\\_exsum\\_ger.pdf](http://www.unesco.de/fileadmin/medien/Dokumente/Wissenschaft/WWDR_1_exsum_ger.pdf)

Um hydrologisch-ökologische Prozesse verstehen und adäquate Problemlösungen anbieten zu können, sind vor allem Daten und Forschung notwendig. Dafür ist die Fachwissenschaft Hydrologie zuständig. Sie hat die Aufgabe, komplexe hydrologische Zusammenhänge zu erforschen und die Voraussetzung zu schaffen, mit der die verfügbaren Wasserressourcen in Zukunft straffer erfasst und bewirtschaftet werden können.

Im Zuge der wachsenden Bedeutung hydrologischer Fragestellungen und der Forschungsinitiative der UNESCO wurde in den letzten Jahrzehnten von mehreren Ländern mit der Konzeption und dem Aufbau moderner Hydrologischer Kartenwerke und Atlanten begonnen. In Deutschland wurde 1968 eine nationale IHD-Arbeitsgruppe „Hydrologische Karten“ eingesetzt und 1969 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft ein Schwerpunkt „*Hydrologischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland*“ gegründet. 1978 wurde der Atlas publiziert. Nach der Wiedervereinigung Deutschlands entschloss man sich, einen hydrologischen Atlas Gesamtdeutschland zu erstellen, seit 1997 wird am „*Hydrologischen Atlas von Deutschland*“ (HAD) gearbeitet. Die mittlerweile dritte Lieferung erschien im Jahr 2003. Das erste Konzept für den „*Hydrologischen Atlas der Schweiz*“ (HADES) wurde in den 1980er Jahren vorgestellt. Die erste Lieferung mit 17 Kartenblättern erschien 1992, 2007 folgte die nunmehr achte Lieferung, eine neunte ist bereits geplant.

In Österreich wurde 1994 von der Österreichischen Gesellschaft für Hydrologie, eine Initiative zur Erstellung eines „*Hydrologischen Atlas für Österreich*“ (HAÖ) gestartet. Das Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau (IWHW) der Universität für Bodenkultur erhielt 1997 vom Hydrographischen Zentralbüro als Projektträger und Vertreter des Herausgebers BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft) den Auftrag, eine Machbarkeitsstudie durchzuführen. In der Folge wurden Prototypen sowohl in einer klassischen gedruckten Ausführung als auch eine digitale, GIS-basierte Version entwickelt. Auf dieser Grundlage wurde im Sommer 2000 mit der Arbeit am HAÖ begonnen.

Im Frühjahr 2001 bekam ich die Möglichkeit, als Kartograph am HAÖ mitzuwirken. Mein Hauptaufgabengebiet war die methodengerechte, kartographische Visualisierung der hydrologischen Fachdaten in Form thematischer Kartenblätter. Dies beinhaltete die Übernahme und Integration der Fachdaten in ein Geographisches Informationssystem (GIS), die Analyse, Generalisierung und Modellierung der Daten und ferner die Veredelung der Daten mittels graphischer Software.

Während meiner Tätigkeit wurde ich oft mit Fragen der methodischen Darstellung konfrontiert. In der thematischen Kartographie gibt es eine Vielzahl erprobter Darstellungsformen und Methoden, mit denen Daten visualisiert werden können. Je nach Fachwissenschaft gibt es Unterschiede in der Ausprägung der Fachdaten und somit besondere Anforderungen an die Methoden der kartographischen Visualisierung. In dieser Diplomarbeit sollen Fragen, die sich bei der Visualisierung hydrologische Fachdaten ergeben, diskutiert werden.

## 1.1 Formulierung der Fragestellungen der Diplomarbeit

Die Diplomarbeit gliedert sich in folgende drei Hauptfragestellungen:

### **Fragestellung 1**

Welche Datentypen werden in der Hydrologie verwendet? Die Daten werden hinsichtlich der Methoden der Datenerfassung, der geometrischen und sachlichen Eigenschaften, der formalen Anforderungen und der Datenqualität untersucht. Es soll geklärt werden, welche Besonderheiten hydrologische Fachdaten aufweisen und worin sie sich von anderen thematischen Datensätzen unterscheiden.

### **Fragestellung 2**

Welche Grundkartentypen sind hydrologischen Themen angemessen, beziehungsweise welche Grundkartenelemente sind unverzichtbar? In diesem Fragenblock werden die Auswirkungen der Besonderheiten Hydrologischer Daten auf die topographische Grundkarte untersucht.

### **Fragestellung 3**

Welche Darstellungsmethoden und Variablen sind den Datentypen der Hydrologie und den Fragestellungen der Hydrologie angemessen? Dies soll an konkreten Spezialfragen der Visualisierung diskutiert werden.

## 1.2 Methoden der Problemlösung

Zur Beantwortung dieser Fragestellungen können unterschiedliche Ansätze angewendet werden. In dieser Diplomarbeit werden die Fragestellungen hauptsächlich mittels

- Produktanalyse moderner Beispiele
- und experimenteller Kartographie gelöst.

### 1.2.1 Recherche des Forschungsstandes

Zu Beginn ist es notwendig, sich einen Überblick über den derzeitigen Stand der Forschung zu verschaffen. Seit über 100 Jahren werden hydrologische Karten erstellt. Es gibt demnach langjährige Erfahrungen in der kartographischen Visualisierung hydrologischer Daten. Trotz der Fülle an kartographischen Produkten gibt es wenig Literatur über die Methodik der Darstellung. Der Forschungsstand spiegelt sich nicht in der wissenschaftlichen Literatur, sondern in erster Linie in den kartographischen Produkten selbst wieder. Folglich führt lediglich eine eingehende Produktanalyse zu brauchbaren Ergebnissen über den derzeitigen Erkenntnisstand.

Darstellungsmethoden für hydrologische Daten lehnen sich natürlich an die allgemeine Methodenlehre der Kartographie an. Zur allgemeinen Methodenlehre liegen im deutschen Sprachraum einige ältere Gesamtwerke, aber wenig junge Literatur vor. Deshalb muss man sich bezüglich allgemeiner Methodenlehre, neben der englischen Literatur vor allem auf das *„Lexikon der Kartographie und Geomatik“ (2001/2002)* abstützen.

### 1.2.2 Produktanalyse moderner Beispiele

Die ersten beiden Fragestellungen dieser Diplomarbeit können durch eine eingehende Analyse derzeitiger kartographischer Produkte beantwortet werden. Zur Produktanalyse stehen Karten aus folgenden Bereichen zur Verfügung:

#### **Hydrologische Fachatlanten**

Moderne hydrologische Fachatlanten sind aufgrund der inhaltlichen Übereinstimmung mit dem HAÖ die wichtigste Informationsquelle. Als Beispiel dient der *„Hydrologische Atlas der Schweiz“ (8 Lieferungen, 1992 bis 2007)* oder der *„Hydrologischer Atlas von Deutschland“ (3 Lieferungen, 2000 bis 2003)*.

### **Kartenblätter aus Fachatlanten von Nachbarwissenschaften**

Die Hydrologie ist auch in vielen benachbarten Wissenschaften, wie der Geologie oder der Meteorologie, ein wichtiges Thema. Hydrologische Karten werden deshalb auch in Atlanten dieser Fachgebiete publiziert. Der *„Wasser- und Bodenatlas von Baden-Württemberg“* (3 Lieferungen, 2001 bis 2007) lieferte interessante Rückschlüsse zur kartographischen Visualisierung.

### **Kartenblätter von Regional- und Nationalatlanten**

Neben den Fachatlanten brachten auch Kartenblätter aus National- und Regionalatlanten wie dem *„Atlas der Republik Österreich“* (6 Lieferungen, 1960 bis 1980) gute Ideen.

## 1.2.3 Experimentelle Kartographie

Während die ersten beiden Fragestellungen durch Produktanalyse beantwortet werden können, wird für die dritte Fragestellung der zeichentheoretische Ansatz der experimentellen (empirische) Kartographie bemüht.

Dieser versucht, mit *„empirisch überprüfbaren und nachvollziehbaren Erkenntnissen“* kartographische Darstellungsformen zu optimieren. Dabei werden die *„graphische Wirkung, semantische Eignung und pragmatische Funktion“* kartographischer Darstellungsmethoden überprüft und diese Erkenntnisse auf die Kartengestaltung übertragen.<sup>2</sup>

Aufgrund der Eigenschaften hydrologischer Daten und der allgemeinen Methodenlehre der Kartographie, ergeben sich für verschiedene Maßstäbe mehrere Möglichkeiten der Visualisierung. Die Darstellungsmethode ist ferner vom angestrebten Nutzerkreis und dem Produkttyp abhängig. Kartographische Produkte für Schüler oder die Öffentlichkeit müssen anders aufbereitet werden, als Werke für Fachwissenschaftler. Ferner muss ein Produkt für die Forschung & Lehre anders konzipiert werden, als es für die praktische Anwendung (Ingenieurhydrologie) notwendig ist. All diese Eckpunkte müssen bei der Wahl der Darstellungsmethode berücksichtigt werden, wodurch sich Spielräume der Visualisierung ergeben. Diese Details der Darstellung werden im Rahmen dieser Diplomarbeit aufgegriffen und diskutiert.

---

<sup>2</sup> Bollmann & Koch, 2001, S. 194-195.

---

Bei der Erstellung der Karten für den HAÖ wurde ansatzweise auf die empirische Kartographie zurückgegriffen. Einem wissenschaftlichen Beirat wurden mehrere Darstellungsvarianten für ein hydrologisches Thema präsentiert. Der wissenschaftliche Beirat, bestand aus je einem Vertreter des Auftraggebers, des Projektträgers, der Projektleitung und den fachzuständigen Wissenschaftlern aus den Bereichen Hydrologie, Meteorologie, Geologie, Geographie und GIS. Die unterschiedlichen Varianten wurden gegenübergestellt, die Vor- und Nachteile kritisch diskutiert und schlussendlich eine Entscheidung über die anzuwendende Methodik gefällt. Mit dieser wurden die eigenen Datensätze umgesetzt und ein erster Kartenentwurf erstellt. Dieser wurde wiederum dem Beirat zur Prüfung vorgelegt, diskutiert und gegebenenfalls modifiziert und verbessert. Die Diskussion zwischen den Fachwissenschaften und der Kartographie, sowie die Optimierung der Visualisierung in nachvollziehbarer Form, entspricht dem gewählten Ansatz der experimentellen Kartographie.



## 2 Themenbereich Hydrologie

Das folgende Kapitel setzt sich mit der Fachwissenschaft Hydrologie auseinander. Nach der Definition hydrologischer Grundbegriffe werden die Stellung der Hydrologie innerhalb der Wissenschaften analysiert und der Zusammenhang zur Kartographie geklärt und kartographisch relevante Themenbereiche angeführt.

### 2.1 Definitionen hydrologischer Grundbegriffe

#### 2.1.1 Hydrologie

Der Begriff „Hydrologie“ hat erst im 20. Jahrhundert feste Gestalt angenommen. Für die Hydrologie sind in der Literatur viele Definitionen und Beschreibungen zu finden. Definitionen reichen von der einfachen Übersetzung des Begriffes Hydrologie als „*Wissenschaft vom Wasser*“ bis hin zu umfassenden Beschreibungen wie:

*„Die Hydrologie ist die Wissenschaft vom Wasser, seinen Erscheinungsformen über, auf und unter der Landoberfläche und seinen Eigenschaften sowie seinen natürlichen Zusammenhängen“<sup>3</sup>*

Nach ÖNORM B 2400 ist der Begriff Hydrologie wie folgt definiert:

*„Wissenschaft vom Wasser, seinen Erscheinungsformen, seinen Eigenschaften und seinem Verhalten auf und unter der Erdoberfläche“*

Die Hydrologie bezieht sich auf das Wasser des Festlands und grenzt sich dadurch von der Ozeanographie ab. Das wesentliche Untersuchungsgebiet der Hydrologie ist der Wasserkreislauf, beziehungsweise die einzelnen Komponenten des Wasserkreislaufes.

#### 2.1.2 Wasserkreislauf und Wasserbilanz

Nach ÖNORM B 2400 ist der Wasserkreislauf die „*ständige Folge der Zustands- und Ortsänderung des Wassers mit den Hauptkomponenten Niederschlag, Abfluss, Verdunstung und atmosphärischer Wasserdampftransport*“.

---

<sup>3</sup> Maniak, 2000, S. 1.

Der Wasserkreislauf ist eine idealisierte Form der Wasserbewegung auf der Erde, er beschreibt die Zustands- und Ortsveränderung des Wassers. Wasser verdunstet von den Ozeanen und Festlandflächen, der Wasserdampf gelangt in die Atmosphäre, kondensiert und fällt als Niederschlag auf die Erdoberfläche zurück. Der Anteil, der auf dem Festland fällt, verdunstet oder gelangt als ober- oder unterirdischer Abfluss wieder zum Meer zurück.<sup>4</sup>

Abb. 1 zeigt eine schematische Darstellung des allgemeinen Wasserkreislaufprozesses.

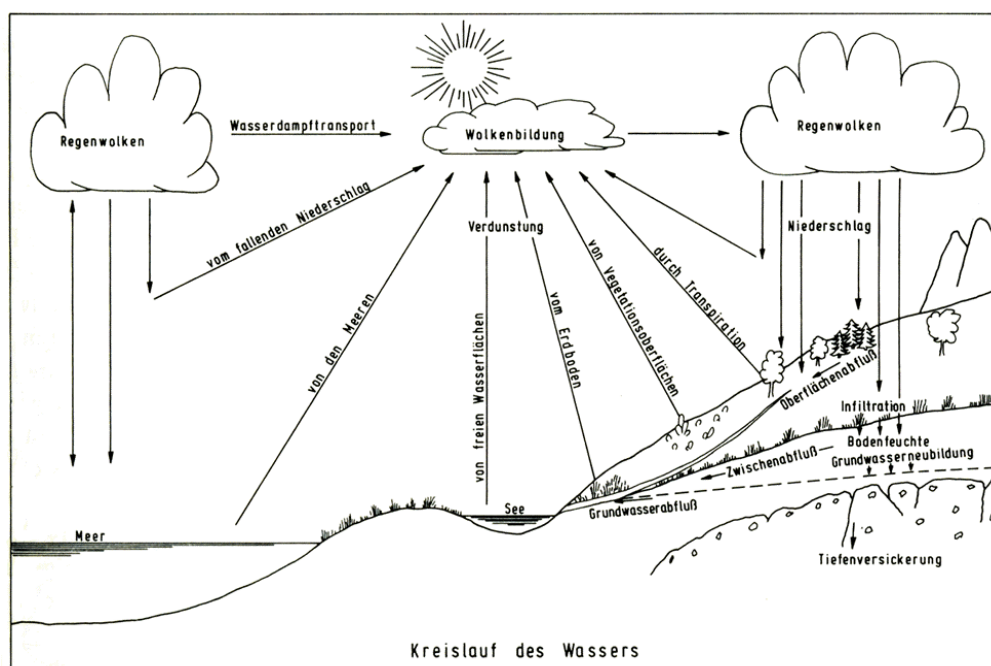


Abb. 1: Schematische Darstellung des allgemeinen Wasserkreislaufprozesses<sup>5</sup>

Das im Wasserkreislauf zirkulierende Wasser lässt sich mengenmäßig ermitteln, d.h. die Hauptkomponenten Niederschlag (N), Abfluss (A) und Verdunstung (V) können quantitativ in mm, cm oder m<sup>3</sup> pro Zeiteinheit erfasst und in Wasserbilanzen gegenübergestellt werden. Im globalen Maßstab und ausgehend von einer langfristigen Beobachtungsdauer, kann die vereinfachte Wasserbilanzgleichung folgendermaßen dargestellt werden:

$$N = V + A$$

Für kürzere Zeitspannen und kleinere Regionen (Einzugsgebiete) muss die Wasserbilanzgleichung um die Wasservorratsänderung  $\Delta S$  erweiterte werden.  $\Delta S$  stellt

<sup>4</sup> Maniak, 2005, S. 2.

<sup>5</sup> Entnommen aus: Baumgartner & Liebscher, 1990, S. 73.

eine Rücklage oder Aufbrauch von Wasser in der Region dar. Die Wasserbilanzgleichung lautet nun:

$$N = V + A + \Delta S$$

Wasserkreislauf und Wasserbilanz dienen somit der quantitativen Erfassung des Wassers der Erde und seinen Veränderungen.

### 2.1.3 Hydrographie

Die Hydrographie ist *„jener Teil der Hydrologie, der sich mit der quantitativen Erfassung und Beschreibung des Wasserkreislaufes auf und unter der Erdoberfläche und mit der Behandlung der damit zusammenhängenden Fragen beschäftigt“*<sup>6</sup>

Für alle hydrographischen Belange ist in Österreich der Hydrographische Dienst zuständig. Der Hydrographische Dienst Österreichs wurde 1893 gegründet und besteht aus dem Hydrographischen Zentralbüro (HZB) im BM für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, den Hydrographischen Abteilungen bei den Ämtern der neun Landesregierungen und der Wasserstraßendirektion im BM für Verkehr, Innovation und Technologie. Die Ziele des HZB sind die nachhaltige Nutzung der Ressource Wasser, eine auch regional ausgeglichene Wasserbilanz, eine weitgehend natürliche Gewässerbeschaffenheit und der Schutz des menschlichen Lebensraumes vor Bedrohungen durch das Wasser. Folgende Aufgaben sind durch das Hydrographie-Gesetz festgelegt sind:<sup>7</sup>

- Die bundeseinheitliche und langfristige Erhebung des Wasserkreislaufes in Österreich
- Die zeitgemäße Erfassung, Auswertung und Analyse sowie nachhaltige Sicherung hydrographischer Daten
- Die nutzerorientierte Bereitstellung und aktuelle Veröffentlichung der hydrographischen Daten
- Die wirksame Vertretung der Interessen des Hydrographischen Dienstes in Österreich im In- und Ausland

---

<sup>6</sup> ÖNORM B 2400.

<sup>7</sup> Nobilis, 2000.

Vom HZB werden die Ergebnisse der Erhebungen des Wasserkreislaufes jährlich in den Hydrographischen Jahrbüchern von Österreich veröffentlicht. Mit der Herausgabe des Hydrographischen Jahrbuches erfüllt das HZB laut Hydrographie-Gesetz seine gesetzliche Verpflichtung, jene Ergebnisse zu veröffentlichen, die von allgemeiner Bedeutung sind.<sup>8</sup>

#### 2.1.4 Wasserwirtschaft

Unter Wasserwirtschaft wird im heutigen Sinn die *"zielbewusste Ordnung aller menschlichen Eingriffe auf das ober- und unterirdische Wasser" bezüglich Menge, Güte und Ökologie* verstanden.<sup>9</sup>

Die Aufgaben der Wasserwirtschaft erstrecken sich auf die *„gesicherte Nutzung von Teilen des natürlichen Wasserdargebots zur Versorgung mit Trink- und Brauchwasser, zur Bewässerung, zur Wasserkrafterzeugung und zur Niedrigwasseraufhöhung“*. Ferner hat sie die Aufgabe, Schäden bei Hochwasser oder Dürreperioden zu vermeiden. Das Ziel der Wasserwirtschaft ist es, einen Ausgleich zwischen dem Wasserbedarf und dem natürlichen Wasserangebot zu schaffen.<sup>10</sup>

## 2.2 Hydrologie und Kartographie als Nachbarwissenschaften

Die Hydrologie ist heute eine eigenständige und anerkannte Fachwissenschaft. Sie hat wesentliche Bezüge zu anderen Natur- und Ingenieurwissenschaften sowie der Informatik und bildet eine Brücke zu Angewandten Wissenschaften wie der Wasserwirtschaft, dem Wasserbau, dem Gewässerschutz und der Landschaftsplanung.

Enge thematische Verflechtungen gibt es mit vielen Fachbereichen aus den Naturwissenschaften, insbesondere mit den Geowissenschaften wie der Meteorologie, der Geologie, der Glaziologie oder der Biologie.

Abbildung 2 zeigt die Zusammenhänge zwischen der Hydrologie und ihren Nachbarwissenschaften:

---

<sup>8</sup> Nobilis, 2000.

<sup>9</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserwirtschaft> [01.08.2008].

<sup>10</sup> Maniak, 2005, S. 6.

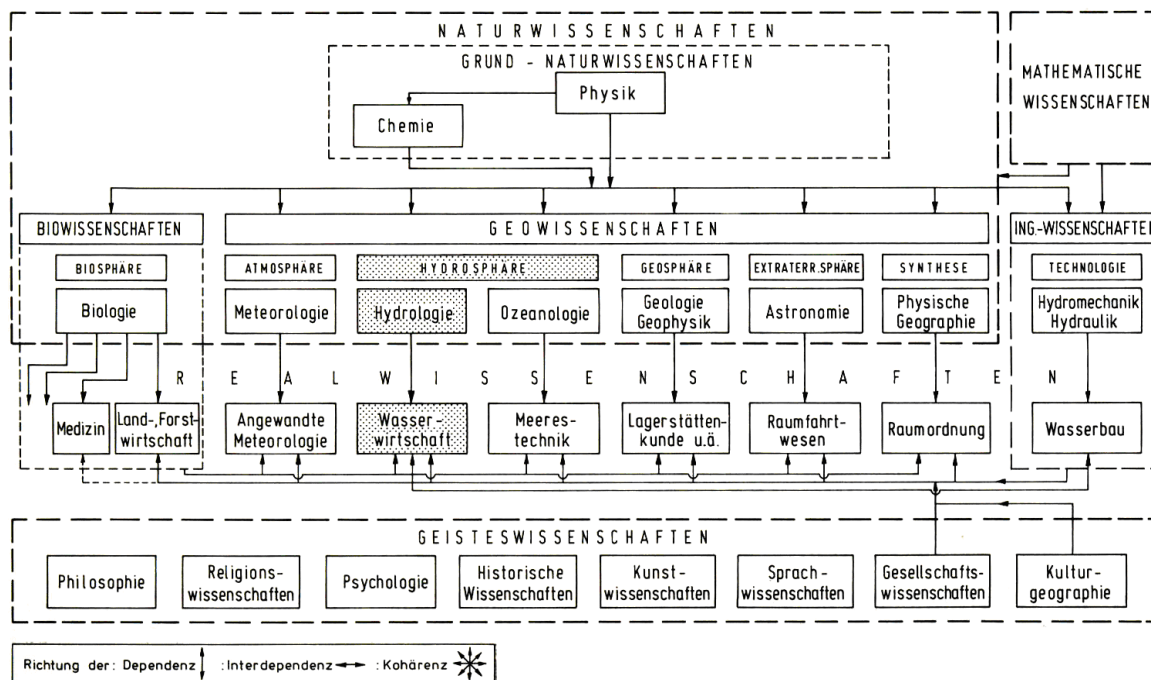


Abb. 2: Die Hydrologie und ihre Nachbarwissenschaften<sup>11</sup>

Neben der naturwissenschaftlichen Orientierung der Hydrologie gibt es auch Verflechtungen mit den technisch orientierten Ingenieurwissenschaften. Diese befassen sich ganz allgemein mit der Anwendung der Grundgesetze der Natur in der Technik. Unter anderem beschäftigen sie sich auch mit dem Medium Wasser, das als ein Mittel zur Übertragung von Kräften und als zu transportierende Masse angesehen wird. Die praktische Anwendung der hydrologischen Ergebnisse findet in der Wasserwirtschaft statt.<sup>12</sup>

Es ist vor allem die naturwissenschaftliche Komponente der Hydrologie, insbesondere ihre Zugehörigkeit zu den Geowissenschaften, die den Bezug zur Kartographie herstellt. Die Geowissenschaften haben die Erde als Ganzes, ihre Oberfläche und ihre einzelnen Sphären als Forschungsgegenstand. Die räumliche und zeitliche Differenzierung der untersuchten Prozesse und Vorgänge führt zu gewaltigen Datenumfängen. Die graphisch-visuelle Darstellung dieser Informationen ist eine Aufgabe der Kartographie. Alle Fachwissenschaften, die sich mit raumbezogenen Fragestellungen beschäftigen, bedienen sich der Kartographie als Ausdrucksmittel, denn kartographische Darstellungen (Karten, Kartogramme, Profile, etc.) sind für räumlich differenzierte Informationen die ausdrucksstärkste Form der Kommunikation.

<sup>11</sup> Modifiziert entnommen aus: De Haar, 1974.

<sup>12</sup> Baumgartner & Liebscher, 1990, S. 4-5.

Um einen Überblick über mögliche, kartographisch relevante, hydrologische Themenbereiche zu bekommen, werden sie in der Folge aufgelistet. Um diese Aufzählung etwas zu strukturieren, wurde eine Gliederung der Themen nach dem Vorkommen des Wassers über, auf und unter der Erdoberfläche vorgenommen. Dass diese Gliederung der Hydrologie durchaus gebräuchlich ist, wird durch das folgende Diagramm von De Haar verdeutlicht.

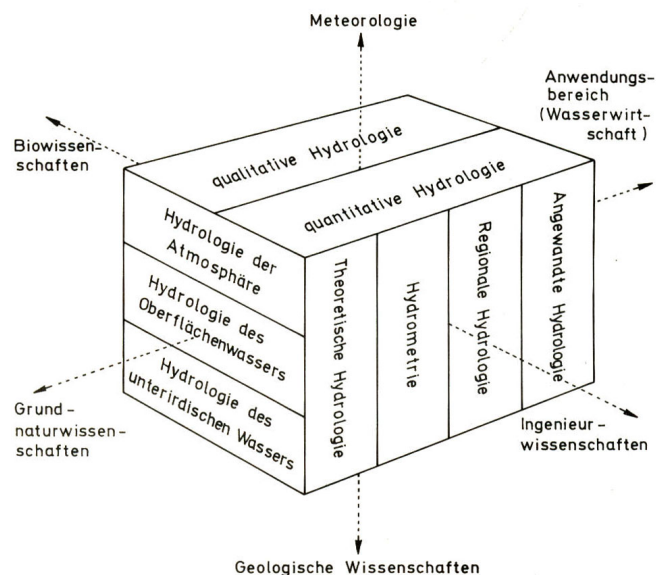


Abb. 3: Gliederungsrahmen für die Hydrologie<sup>13</sup>

### 2.2.1 Hydrologie der Atmosphäre

Sie befasst sich mit „den Erscheinungen des Wassers in der Atmosphäre und seinen Wechselbeziehungen mit dem Wasser auf und unter der Erdoberfläche“. Damit ist der atmosphärische Feuchtetransport, der Niederschlag, die Interzeption und der Wasserkreislauf als Ganzes gemeint. Durch die Untersuchung des Feuchtetransportes und des Niederschlags ergibt sich eine starke Verwandtschaft zur Meteorologie, da sich beide Fachbereiche mit gleichartigen Prozessen beschäftigen. Während jedoch die Meteorologie den atmosphärischen Feuchtetransport als Ganzes und den physikalischen Prozess der Niederschlagsbildung behandelt, interessiert sich die Hydrometeorologie für den atmosphärischen Feuchtetransport und den Niederschlag nur im Zusammenhang mit dem Wasserkreislauf und der Quantifizierung dieser Komponenten für die Wasserbilanzbetrachtung.<sup>14</sup>

<sup>13</sup> Entnommen aus Baumgartner & Liebscher, 1990, S. 7.

<sup>14</sup> Baumgartner & Liebscher, 1990, S. 8-9.

Kartographisch relevante Themen aus diesem Bereich sind:

- Messnetze – Niederschlag, Verdunstung, Lufttemperatur
- Jahresniederschlagshöhe
- Extremniederschläge unterschiedlicher Dauer und Wiederkehrperioden
- Hagel und Gewitterhäufigkeiten
- Lufttemperatur
- Potentielle und aktuelle Verdunstung
- Extremwerte der Verdunstung
- Trockenperioden
- Saisonale Trends

## 2.2.2 Hydrologie des Oberflächenwassers

Die Hydrologie des Oberflächenwassers umfasst die Fließgewässer, die stehenden Gewässer und das in Eis und Schnee gebundene Wasser.

### 2.2.2.1 Hydrologie der Fließgewässer und Seen

In der Hydrologie der Fließgewässer werden die Abflussvorgänge, die Bewegung und Speicherung des Wassers in den Flussbetten, der Feststofftransport und die physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften des Wassers behandelt.

Kartographisch relevante Themen aus diesem Bereich sind:

- Messnetze – Wasserstand und Abfluss, Wassertemperatur, Gewässerqualität, Stoffhaushalt, chemische und physikalische Parameter
- Hydrographie - Fließgewässer und Seen
- Gewässernetzdichte, Seendichte
- Kenngrößen und Wasserhaushalt von Einzugsgebieten
- Abfluss und Abflussregimes
- Hochwasser, Niederwasser
- Gewässerqualität von Fließgewässer und Seen
- Chemischer Parameter in Oberflächengewässern
- Temperaturverhältnisse in Fließgewässern und Seen
- Saisonale Trends

- Flussmorphologische Verhältnisse
- Schwebstoffe in Fließgewässern
- Themen zur Wasserwirtschaft (Kraftwerke, Kläranlagen, usw.)

### 2.2.2.2 Hydrologie von Schnee und Eis

Schnee und Eis sind für die Hydrologie vor allem wegen der Eigenschaft, Wasser zu speichern von Bedeutung. Die Schneehydrologie beschäftigt sich unter anderem mit der Erfassung von Schneedeckenparametern, wie der Schneedeckenmächtigkeit und der Schneedichte, um damit das Wasseräquivalent der Schneedecke, also das in der Schneedecke gespeicherte Wasser, ermitteln zu können. Die Glaziologie beschäftigt sich mit den *„Eigenschaften und Erscheinungsformen des Eises, der Akkumulation, der Bewegung und des Transportes von Eis in all seinen Formen sowie der Bedeutung des Eises als Gestaltungsfaktor der Erdoberfläche“*.<sup>15</sup>

Kartographische relevante Themen aus diesem Bereich sind:

- Schneedecken- und Gletschermessnetze
- Höhen und Wasseräquivalente der Schneedecke
- Neuschneehöhen extremer Schneefallereignisse
- Gletscherstände und –veränderungen
- Nacheiszeitliche Gletscherschwankungen
- Permafrost

### 2.2.3 Hydrologie des unterirdischen Wassers

In der Hydrologie des unterirdischen Wassers steht das Boden- und Grundwasser hinsichtlich des Volumens, der Verteilung, der Bewegung und der Wasserbeschaffenheit im Vordergrund. Die Eigenschaften des Grundwasserkörpers sind ebenfalls Ziele der wissenschaftlichen Forschung. Die Hydrogeologie wird manchmal in die Hydrologie des Bodenwassers, das Wasser in der ungesättigten Zone, und in die Grundwasserhydrologie, das Wasser der gesättigten Zone, geteilt. Für den Zweck dieser Arbeit ist dies jedoch nicht von Bedeutung und deshalb werden beide Gebiete zusammengefasst behandelt.<sup>16</sup>

---

<sup>15</sup> Baumgartner & Liebscher, 1990, S. 9.

<sup>16</sup> Baumgartner & Liebscher, 1990, S. 10.



Kartographische relevante Themen aus diesem Bereiche sind:

- Messnetze – Grundwasserstand und Quellen, Grundwasserqualität, chemische und physikalische Parameter
- Hydrogeologie
- Grundwassergebiete und Grundwasserleiter
- Flurabstände des Grundwasserspiegels
- Entwicklung und Schwankung des Grundwasserspiegels
- Grundwasserqualität
- Quellaustritte und Quellschüttungen
- Heil- Thermal- und Mineralwässer
- Karstgrundwässer
- Grundwassersanierungsgebiete
- Saisonale Trends

Natürlich erhebt diese Aufzählung kartographisch relevanter Themen keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie soll nur einen Überblick über das umfangreiche Arbeitsfeld der Hydrologie geben und mögliche Tätigkeitsbereiche für die Kartographie veranschaulichen.

### 3 Hydrologische Karten und Atlanten

In diesem Kapitel werden die Begriffe „Hydrographische Karte“ und „Hydrologische Karte“ erläutert, ein kurzer Überblick über die geschichtliche Entwicklung Hydrologischer Karten und Atlanten gegeben und der Hydrologische Atlas Österreichs vorgestellt.

#### 3.1 Begriffsbestimmungen

In der Literatur wird zwischen Hydrographischen Karten und Hydrologischen Karten unterschieden. Der Übergang von einem zum anderen Typ thematischer Karten ist fließend und nicht klar abgrenzbar.

##### 3.1.1 Hydrographische Karten

Witt definiert Hydrographische Karten als *„einfache Karten der Oberflächengewässer“*, welche die *„räumliche Verteilung von Land und Meer, der fließenden und stehenden Gewässer und der vergletscherten Gebiete“* abbilden. Aus diesen Grundkarten lassen sich spezielle Karten wie die der Abflussgebiete, Abflussmengen, Abflussregimes, Wasserbilanz, Flusssdichte, Hochwasser und Überschwemmungen ableiten.<sup>17</sup>

Im Lexikon der Kartographie und Geometrie, werden hydrographische Karten als *„eine Kartenart beschrieben, in der die Struktur der Oberflächengewässer und das Gewässernetz von Teilräumen des Festlandes der Erde abgebildet wird. Neben der flächenhaften Ausweisung des vollständigen Gewässernetzes erfolgt die Abgrenzung von Einzugsgebieten als hydrologische Bezugsflächen, auf deren Grundlage wichtige Kennwerte, wie Flusslänge, Einzugsgebietsgröße, Gefälle, Flusssdichte, Flussentwicklung und Verzweigungsverhältnis, jeweils für einzelne Flussordnungen kartometrisch ermittelt bzw. errechnet werden können. Zweck hydrographischer Karten ist die Aufdeckung von Zusammenhängen zwischen Struktur des Gewässernetzes, Klima und geologischen Verhältnissen sowie hydrologischen Messwerten. Im angewandten Bereich bilden hydrographische Karten beispielsweise die Grundlage für die Wasserwirtschaft durch Wiedergabe von Überschwemmungs- und Versickerungsflächen, von Brunnen, Talsperren und anderen technischen Wasserbauten.“*<sup>18</sup>

---

<sup>17</sup> Witt, 1979, S. 234-234.

<sup>18</sup> Bollmann & Koch, 2001, S. 385.

Kartenbeispiele aus diesem Bereich sind Gewässernetzkarten, Flussdichtekarten, Karten der Einzugsgebiete und Wasserwirtschaftskarten.

### **Gewässernetzkarten**

Gewässernetzkarten bilden die natürlichen Fließgewässer und stehenden Gewässer ab. Die Entwicklung des Gewässernetzes ist stark von der naturräumlichen Gliederung abhängig. Aus sehr detaillierten Gewässernetzkarten können durch Karteninterpretation geomorphologische Formen wie Moränenlandschaften, Karst, Sander oder Lößlandschaften entnommen werden. (Das Gewässernetz Österreichs wurde in seiner Ausgestaltung hauptsächlich von den Alpen geprägt.) Hydrographische Karten bilden die Grundlage für viele andere hydrologische Karten.

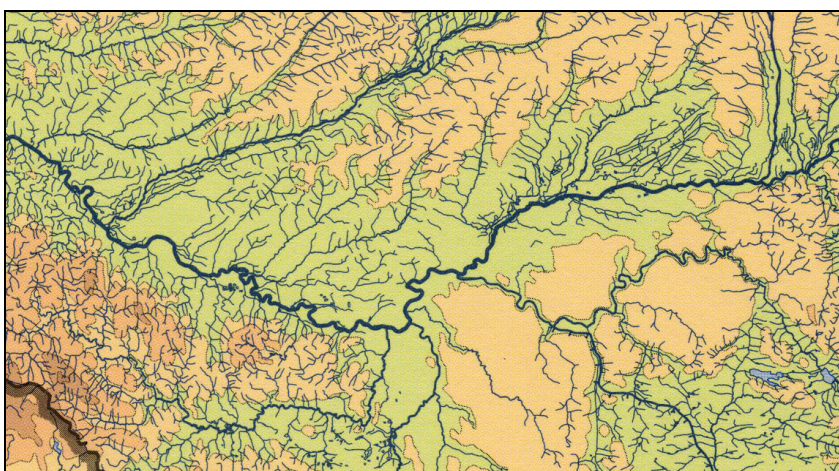


Abb. 4: Ausschnitt aus der Karte „Orohydrographie Deutschlands“ aus dem HAD<sup>19</sup>

### **Flussdichtekarten**

Die Verteilung der Bäche und Flüsse innerhalb eines Einzugsgebietes ist nicht zufällig, sondern von vielen Faktoren abhängig. Flussdichtekarten stellen die Länge der fließenden Gewässer eines Gebietes je km<sup>2</sup> Fläche dar. Die Flussdichte ist eine häufig verwendete morphologische Größe und kann als Hilfsmittel zur Charakterisierung von Landschaftseinheiten herangezogen werden. Sie steht in enger Beziehung zu vielen Eigenschaften eines Einzugsgebietes, wie etwa dem mittleren Jahresniederschlag, Niederschlagsverteilung, Geologie und Lithologie, Relief und Gefälle, Bodeneigenschaften, Vegetationsdichte und Landnutzung. Die Flussdichte ist eine der nützlichsten Parameter zur Beschreibung des Abflussverhaltens in einem Einzugsgebiet.<sup>20</sup>

<sup>19</sup> Entnommen aus: BMU, 2000, Kartentafel 1.1.

<sup>20</sup> BMLFUW, 2003, Kartentafel 5.2.

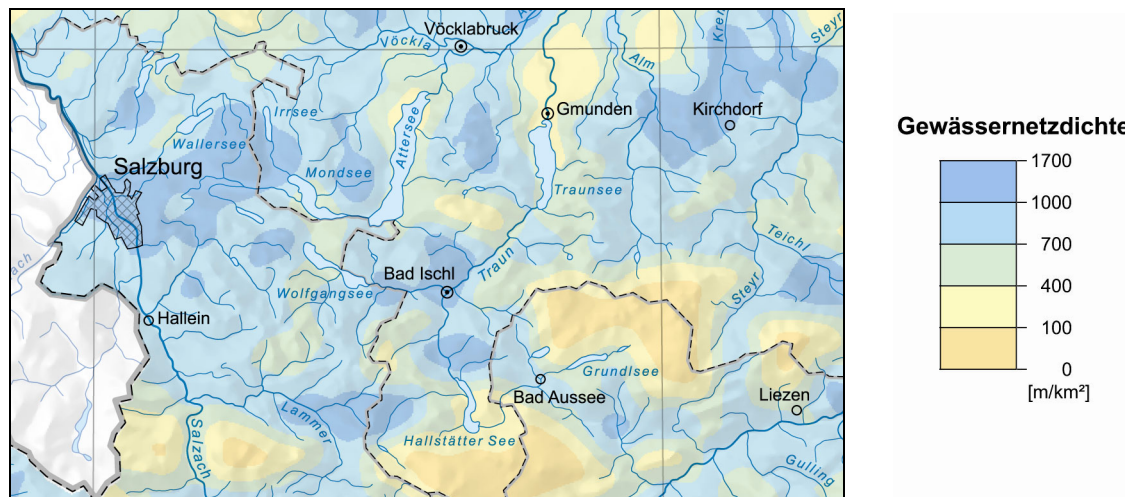


Abb. 5: Ausschnitt aus der Karte „Gewässernetzdichte“ aus dem HAÖ<sup>21</sup>

### Karten der Einzugsgebiete

Die Einzugsgebietsgliederung ist neben dem Gewässernetz eine der wichtigsten Grundlagen für hydrologische Karten, da sich viele hydrologische und wasserwirtschaftliche Aufgaben und Fragestellungen auf Einzugsgebiete unterschiedlicher Größe beziehen. Verschiedenste hydrologische Größen können auf einer Bezugsfläche dargestellt und miteinander verglichen werden. Die hierarchische Gliederung der Einzugsgebiete wird durch Nummerierungssysteme festgelegt.<sup>22</sup>

### Wasserwirtschaftskarten

Hydrographische Karten bilden oft auch die kartographische Grundlage für Wasserwirtschaftskarten. Diese beschäftigen sich mit der „Bewirtschaftung“ des Gutes Wassers und stellen das Verbindungsglied der Hydrologie mit der Wirtschaft dar. Sie beinhalten Infrastrukturen zur Trink- und Brauchwasserversorgung sowie zur Abwasserbeseitigung und Abwasserreinigung. Dazu zählt die Darstellung von Wasserwerken, Fern- und Ortswasserleitungen, Be- und Entwässerungsanlagen, Speicherbecken und Talsperren zur Trinkwassergewinnung, Abwassereinleitungen und Kläranlagen. Hinzu kommt die Verwendung des Wassers für die Gewinnung elektrischer Energie und für den Binnenwasserstraßenverkehr. Zudem können quantitative Angaben zum Wasserbedarf und Wasserverbrauch (Trinkwasser, Wasser für die Industrie, Wasser für Landwirtschaft, usw.) gemacht werden.<sup>23</sup>

<sup>21</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2003, Kartentafel 5.2.

<sup>22</sup> BMLFUW, 2005, Kartentafel 1.3.

<sup>23</sup> Witt, 1979, S. 611.

### 3.1.2 Hydrologische Karten

Während für Witt<sup>24</sup> Hydrologische Karten lediglich „*physikalische und chemische Eigenschaften der Gewässer*“ darstellen, wie etwa die Temperatur oder den Verschmutzungsgrad, wird im Lexikon der Kartographie und Geometik der Bereich etwas weiter gefasst.

Hydrologische Karten sind „Gewässerkarten, in denen die Verteilung, Dynamik und Beschaffenheit des Oberflächenwassers der Erde dargestellt ist. Hydrologische Karten geben vorwiegend quantitative Merkmale von Flussnetzen wieder und enthalten Angaben zur Abflussspende, Abflussmenge und zur Höhe des Abflusses, zu dessen jahreszeitlicher Verteilung und zu Art und Umfang der auftretenden Schwankungen. Die Angaben werden auf Flusseinzugsgebiete oder auf Zellen in Erfassungsnetzen bezogen. Das Abflussregime von Flüssen wird meist durch Kurvendiagramme wiedergegeben, die an Abflussmessstellen verortet werden. Angaben zum Feststofftransport, zur chemischen Zusammensetzung und dem Belastungsgrad von Oberflächengewässern werden in Form von Liniendiagrammen entlang der Flussläufe wiedergegeben.“<sup>25</sup>

Hydrologischen Karten geben also quantitative Merkmale wieder. Kartenbeispiele sind Abflusskarten, Gewässergütekarten oder Wasserbilanzkarten.

#### **Abflusskarten**

Abflusskarten geben die mittleren jährlichen, oder monatlichen Abflussmengen in  $\text{m}^3/\text{s}$  oder  $\text{l/s}$  wieder. Wird die Abflussmenge auf die Fläche des jeweiligen Einzugsgebietes bezogen, bezeichnet man diese Größe als Abflussspende in  $\text{l/s} \cdot \text{km}^2$  bzw. Abflusshöhe in  $\text{mm}/\text{Zeiteinheit}$ . Neben der Abflussmenge selbst, sind die Schwankungen bzw. der zeitliche Verlauf des Abflusses von enormer Bedeutung. In Abflussregimekarten werden die langjährigen mittleren saisonalen Schwankungen der Gewässer dargestellt, wobei sich die Einteilung nach M. Pardé bewährt hat.<sup>26</sup>

Extremwerte des Abflusses, Hoch- oder Niederwasser, stellen eine weiter wichtige Information in Abflusskarten dar. Die Jährlichkeit mit der ein bestimmter Hochwasserdurchfluss auftritt, gilt als wichtige Kenngröße für eine Reihe von Bemessungsaufgaben im Wasserbau.

---

<sup>24</sup> Witt, 1979, S. 236-237.

<sup>25</sup> Bollmann & Koch, 2001, S. 385.

<sup>26</sup> Witt, 1979, S. 234-235.

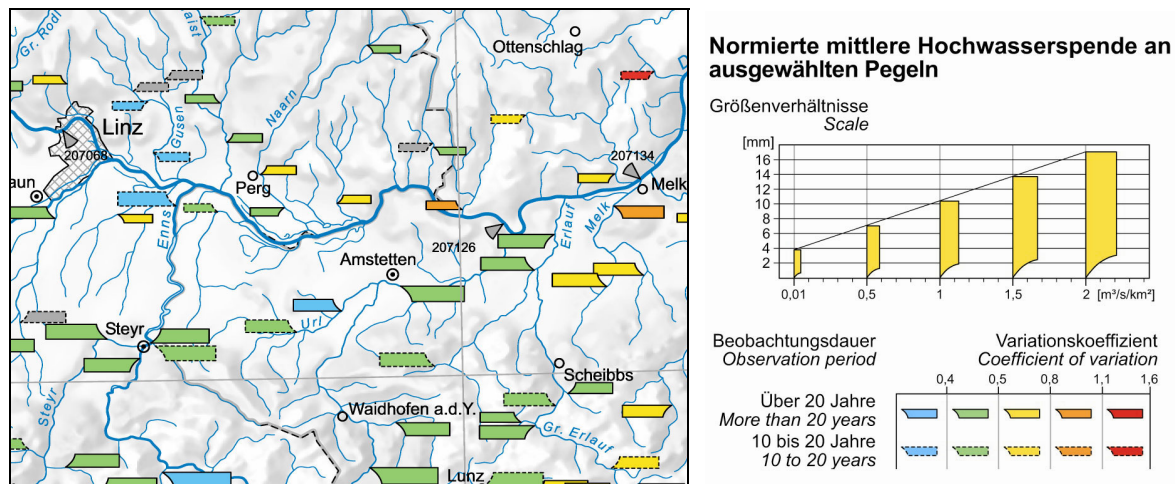


Abb. 6: Ausschnitt aus der Karte „Normierte mittlere Hochwasserspende“ aus dem HAÖ<sup>27</sup>

### Gewässergütekarten

Gewässergütekarten geben den Gewässerzustand des ober- und unterirdischen Wassers wieder. Die Gewässergüte lässt sich mit chemischen, biologischen und physikalischen Parametern beschreiben. Dargestellt werden die Gewässergütemessstellen und der Grad der Verschmutzung durch unterschiedliche Farbtöne der Flussstrecken.

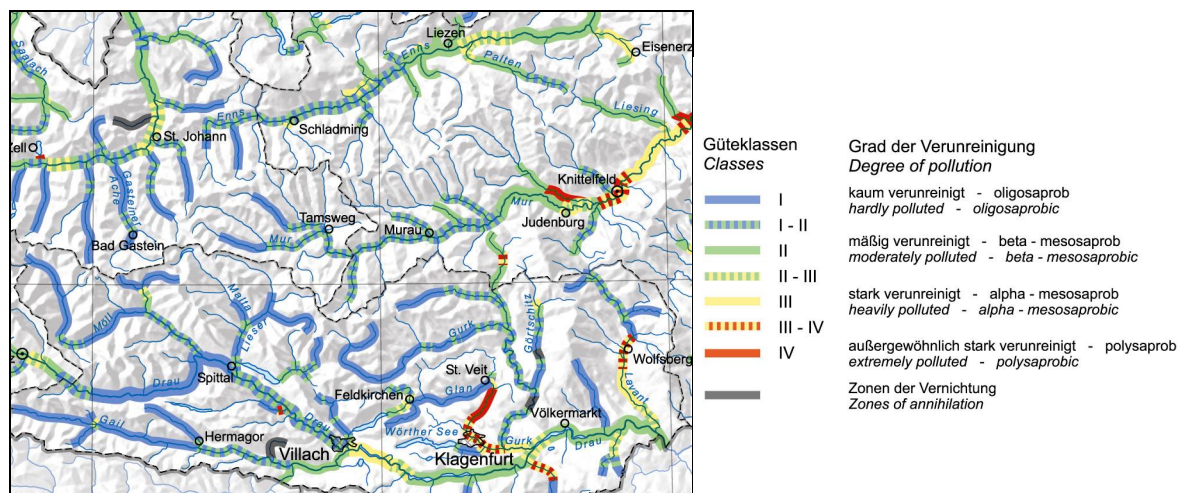


Abb. 7: Ausschnitt aus der Karte „Biologische Gewässergüte“ aus dem HAÖ<sup>28</sup>

Neben der Verunreinigung selbst, kann die Ursache der Verschmutzung (Industrie und Gewerbe) oder der Stand der Abwasserkläranlagen angegeben werden. Zudem können Aussagen über die Langzeitentwicklung gemacht werden, also, ob sich der Gewässerzustand im Laufe der Zeit verschlechtert oder verbessert hat.

<sup>27</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2003, Kartentafel 5.4.

<sup>28</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2003, Kartentafel 8.2.

## Wasserbilanzkarten

Kenntnisse über die Wasserbilanz eines bestimmten Gebietes über einen bestimmten Zeitraum bilden die Grundlage jeglicher wasserwirtschaftlichen Planung. In Wasserbilanzkarten werden die Größen der einzelnen Wasserbilanzkomponenten (Abfluss, Niederschlag und Verdunstung) dargestellt. Neben der Darstellung der einzelnen Wasserbilanzkomponenten oder der „klimatischen Wasserbilanz“, können auch die „Saisonale Wasserbilanz“ oder „Saisonale Trends in der Wasserbilanz“ visualisiert werden.

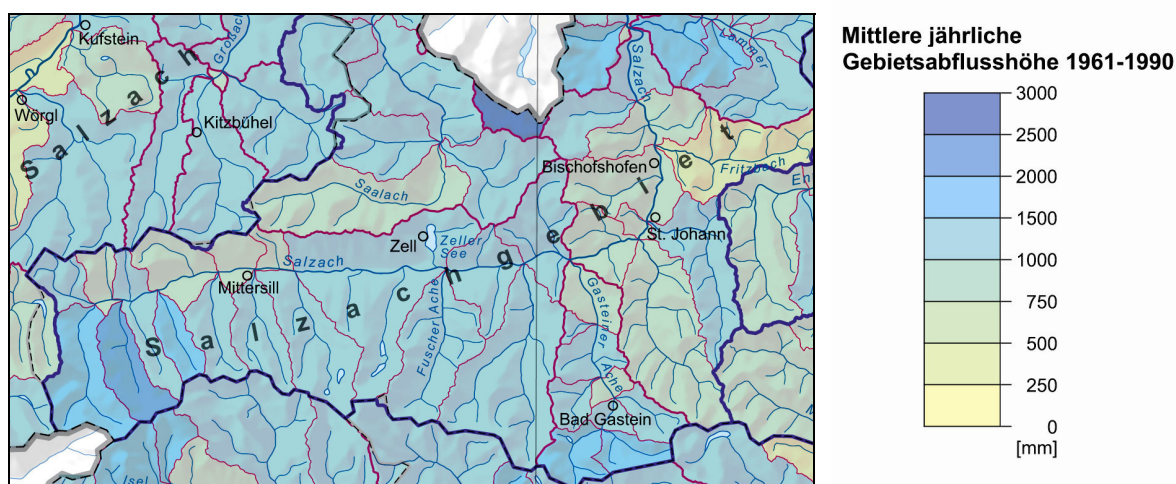


Abb. 8: Ausschnitt aus der Karte „Mittlere jährliche Abflusshöhe aus der Wasserbilanz“ aus dem HAÖ<sup>29</sup>

### 3.1.3 Hydrogeologische Karten und Grundwasserkarten

Neben Hydrographischen und Hydrologischen Karten, die sich mit den Oberflächengewässern beschäftigen, geben Hydrogeologische Karten und Grundwasserkarten Aufschluss über das unterirdische Wasser.

## Hydrogeologische Karten

Sie beinhalten geologische, hydrologische und wasserwirtschaftliche Informationen und stellen das Bindeglied zwischen der Hydrologie und der Geologie dar. In ihnen werden die vorherrschenden Grundwasserverhältnisse in den einzelnen geologischen Zonen bzw. Regionen wiedergegeben. Ferner beinhalten sie Angaben über auftretende Quellen, wobei diese nach der Temperatur (Kalte Quellen, Thermalquellen) oder nach dem Mineralgehalt (Salzwasser und Solen, Mineralwasser, Heilquellen) klassifiziert werden

<sup>29</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2005, Kartentafel 5.7.

können. Durch die Angabe der Schüttung in  $m^3/s$ , kann auch eine quantitative Angabe gemacht werden. Die hydrogeologischen Bedingungen sind auch von den tektonischen Verhältnissen abhängig. Angaben zur Tektonik, wie Störungszonen oder Deckengrenzen, können hydrogeologischen Karten sinnvoll ergänzen.

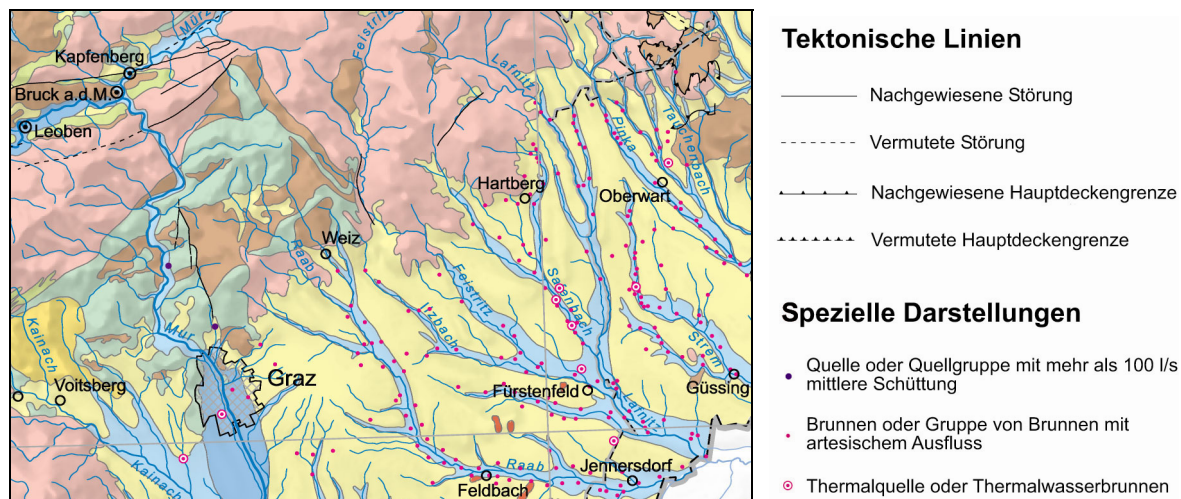


Abb. 9: Ausschnitt aus der Karte „Hydrogeologie“ aus dem HAÖ<sup>30</sup>

### Grundwasserkarten

In Anbetracht der immensen Bedeutung für die Wasserversorgung, sind umfassende Kenntnisse über den Grundwasserhaushalt sehr wichtig. In Grundwasserkarten werden die wasserführenden Grundwasserkörper dargestellt und Angaben zur Ergiebigkeit der Grundwasserhorizonte gemacht. Ferner wird der Flurabstand des Grundwassers, die Grundwassermessstellen, die Grundwassertemperatur oder die Hauptrichtung der Wasserbewegung angegeben.

Der Flurabstand gibt Auskunft über das Gefährdungspotential von Grundwasservorkommen oder ermöglicht die Abschätzung der Verfügbarkeit für die Vegetation. Die Schwankung des Flurabstandes ist ein Maß für die Grundwasserdynamik und lässt Rückschlüsse auf die Grundwasserneubildung zu. Langfristige Veränderungen des Grundwasserstandes können wechselnde klimatische Verhältnisse zur Ursache haben, oder auf technische Baumaßnahmen zurückgeführt werden. Aufgrund der Wichtigkeit des Grundwassers für die Trinkwasserversorgung ist das Erkennen langfristiger Trends von enormer Bedeutung.<sup>31</sup>

<sup>30</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2003, Kartentafel 6.2.

<sup>31</sup> BMLFUW, 2003, Kartentafel 6.3, 6.3, 6.5.



### 3.2 Geschichtliche Entwicklung hydrologischer Karten und Atlanten

Bereits in früheren Jahrhunderten gab es kartographische Darstellungen, die sich sehr intensiv mit dem Gewässernetz auseinandersetzen. Sie können somit als Vorläufer hydrologischer Karten gesehen werden. In diese Kategorie fallen Binnengewässerkarten aus dem 16. und 17. Jahrhundert und in weiterer Folge die großen Stromkartenwerke und Stromatlanten des 18. und 19. Jahrhunderts.

Der Entwurf und die Veröffentlichung von thematischen Karten setzen im Wesentlichen vier Bedingungen voraus. Die Verfügbarkeit von geometrisch genauen topographischen Karten, thematische Daten mit Raum-, Sach- und Zeitbezug in ausreichender Dichte und Vollständigkeit, geeignete Methoden der thematischen Kartographie zur Datenvisualisierung und ein Reproduktionsverfahren, mit dem eine rasche und billige Kartenproduktion, sowie der farbige Linien- und Flächendruck möglich ist.<sup>32</sup>

Ab der Mitte des 19. Jahrhunderts waren diese Voraussetzungen in Österreich gegeben. Geometrisch genaue Grundkarten lagen durch die Drucklegung und Veröffentlichung der Spezial- und Generalkarten der Zweiten Landesaufnahmen vor. Durch die Lithographie war ein Reproduktionsverfahren vorhanden, mit dem nicht nur eine raschere und billigere Kartenproduktion, sondern auch der farbige Linien- und Flächendruck möglich war. Ferner war die Entwicklung wissenschaftlicher Methoden zur Datenvisualisierung in Mitteleuropa im Wesentlichen 1860 abgeschlossen. Schließlich wurden gegen Mitte des 19. Jahrhunderts in Österreich zahlreiche staatliche Dienststellen geschaffen, die eine systematische und flächenhafte Datenerfassung gewährleisteten. Neben der Geologischen Reichsanstalt (1849), wurden die Zentralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus (1851) und die k.k. Geographische Gesellschaft (1856) gegründet.<sup>33</sup>

1893 war schließlich in der Österreichisch-Ungarischen Monarchie das Gründungsjahr des Hydrographischen Dienstes. Der verstärkte Einsatz von Mess- und Beobachtungsinstrumenten und die regelmäßigen Messungen führten zu qualitativ besseren und umfangreicheren thematischen Datensätzen, die für die Erzeugung hydrologischer Karten erforderlich waren. Dieser Zeitpunkt kann als Beginn der Erstellung erster Hydrologischer Karten gesehen werden. Schon 1896 erschien in Wien die „Übersichtskarte der hydrographisch ergänzten österreichischen Flussgebiete“ (1 : 750 000, 7 Blatt, Mehrfarbendruck) samt Flächenverzeichnis nach Angaben des Hydrographischen Dienstes.

---

<sup>32</sup> Kretschmer, 2004.

<sup>33</sup> Kretschmer, 2004.

### 3.2.1 Vorläufer hydrologischer Karten bis Mitte des 19. Jahrhunderts

#### 3.2.1.1 Binnengewässerkarten

Die ersten Binnengewässerkarten entstanden, bis auf wenige Ausnahmen, im 16. Jahrhundert. Dazu zählen beispielsweise die Kärtchen der Donauquellen von Sebastian Münster (1538), oder die Rheinlaufkarte von C. VOPELS (1555). Hauptziel dieser Karten war die möglichst genaue und vollständige Wiedergabe des Gewässernetzes. Seit dem 17. Jahrhundert wurden diese Karten erstmals als „Hydrographische Karten“ bezeichnet. Oftmals ist jedoch die Unterscheidung zu allgemeinen topographischen Übersichtskarten nicht eindeutig möglich. Die älteste Karte der Gewässer und Stromgebiete Deutschlands ist die „Hydrographia Germaniae“ von P. H. ZOLLMANN (um 1710). Das Besondere an dieser Karte ist die erstmalige Kennzeichnung der Einzugsgebiete der Flüsse durch Liniensignaturen und Flächenfarben.<sup>34</sup>

Neben den Binnengewässerkarten im kleinen und mittleren Maßstab, wurden bereits im 16. Jahrhundert eine Menge großmaßstäbiger Produkte erzeugt. Sie zeigten meist nur einen speziellen Gewässerabschnitt und wurden unter anderem aus Anlässen wie Wasserbauarbeiten, zur Vorbeugung vor Hochwassergefahren oder zur Verbesserung der Schiffbarkeit gefertigt. Generell spielte die Binnen-Schifffahrt und die mit ihr notwendigen Flussregulierungen eine große Rolle bei der Entwicklung hydrographischer Karten. So führten 1596 Überlegungen zu Schiffbarmachung des Neckars zur ältesten kartographischen Aufnahme des Flusses. Aus dem 17. und 18. Jahrhundert gibt es eine Vielzahl von großmaßstäbigen Karten (Plänen) aus dem Bereich Wasserbau.<sup>35</sup>

#### 3.2.1.2 Stromkartenwerke

Während die wasserbaulichen Arbeiten im 18. Jahrhundert nur auf vereinzelte Flussabschnitte begrenzt waren, führten die systematisch in Angriff genommenen Flussbauarbeiten im 19. Jahrhundert zu umfassenden Stromatlanten und Stromkartenwerken. Als Beispiele können der Stromatlas von Bayern im Maßstab 1 : 28 000 aus dem Jahre 1806 – 1808 von A. v. Riedl, oder die Oberrhein-Atlanten herangezogen werden. Der Stromatlas von Bayern zeigt bayrische Flüsse und Seen mit Tiefenprofilen und einer hydrotechnischen Karte.<sup>36</sup>

---

<sup>34</sup> Kretschmer, Dörflinger & Wawrik, 1986, C/1, S. 91-92.

<sup>35</sup> Kretschmer, Dörflinger & Wawrik, 1986, C/1, S. 92-93.

<sup>36</sup> Kretschmer, Dörflinger & Wawrik, 1986, C/1, S. 94.

In Österreich gab vor allem die schon seit dem Ende des 18. Jahrhunderts geplante Donauregulierung Anlass für zahlreiche Flussaufnahmen, die meist von staatlichen Stellen (Wasserbaudirektion, Strombehörde) in Auftrag gegeben bzw. ausgeführt wurden. Aus der Fülle der einschlägigen Arbeiten sei hier nur die „Karte des Donau-Stromes innerhalb der Grenzen des Österreichischen Kaiserstaates“ erwähnt, herausgegeben von dem k.k. Staats-Ministerium unter der Leitung des k.k. Ritter von Pasetti (1 : 28 800, 60 Blatt, 1862). Die Karten im Maßstab 1 : 28 800 zeigten die Donau innerhalb des Kaiserstaats und sind mit Details für die Schifffahrt versehen.

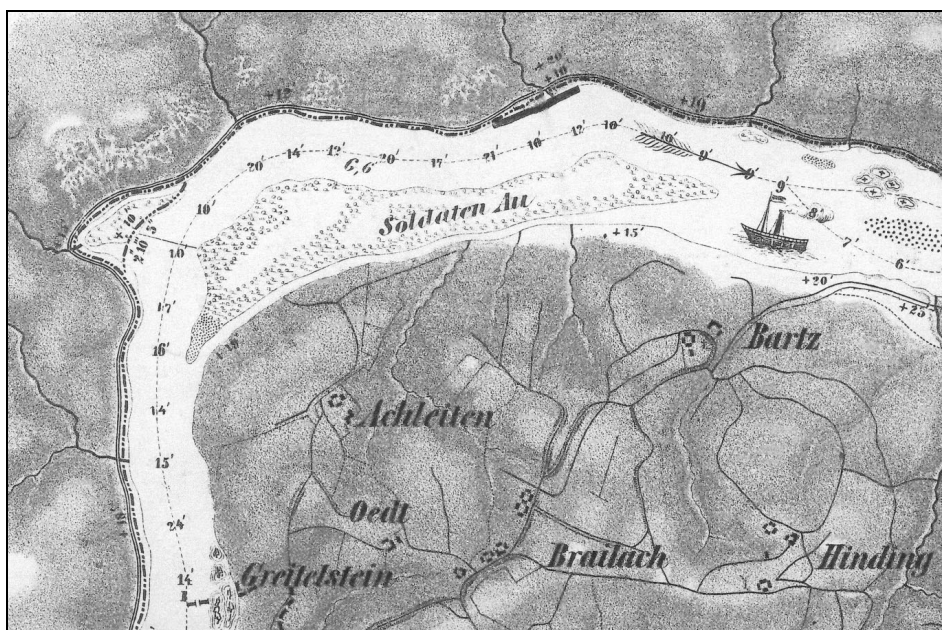


Abb. 10: Ausschnitt aus der „Karte des Donau-Stromes innerhalb der Grenzen des Österreichischen Kaiserstaates“<sup>37</sup>

### 3.2.2 Entwicklung seit Mitte des 19. Jahrhunderts

Als „physikalischer Atlas“ wurden im 19. Jahrhundert komplexe thematische Atlanten bezeichnet, die vorwiegend geowissenschaftliche Karten enthielten. Dabei hatte vor allem der von Heinrich Berghaus bearbeitete Physikalische Weltatlas 1838 - 1848, für viele andere folgende Atlaswerke ähnlicher Struktur, eine Vorbildwirkung. So wurde die erste Niederschlagskarte der Welt auf Isolinienbasis im Jahre 1841 im „Physikalischen Atlas“ von Heinrich Berghaus veröffentlicht. In ihr waren die Isohyten, also die Linien gleicher jährlicher Niederschlagsmenge, von Europa dargestellt.<sup>38</sup>

<sup>37</sup> Entnommen aus: Pasetti, F. von (1867): Karte des Donau-Stromes innerhalb der Grenzen des österreichischen Kaiserstaates. Donaukarte 1:28 800. K.K. Hof-u. Staatsdruckerei. Wien.

<sup>38</sup> Arnberger, 1966, S. 157.

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden physikalische und statistische Karten zu komplexen Atlanten zusammengefügt, womit das länderkundliche Konzept in frühen Nationalatlanten hervorgehoben wurde. Es entstanden physikalisch–statistische Atlanten, wie etwa der *„Physikalisch-statistische Hand-Atlas von Österreich-Ungarn“* (Wien 1887) unter der Redaktion von Josef Chavanne. Diese Atlanten enthielten auch kleinmaßstäbige hydrographische bzw. hydrologische Kartenblätter.<sup>39</sup>

Ab der Mitte des 19. Jahrhunderts, vollzog sich der Übergang zu einer wissenschaftlich-thematisch orientierten Aussage hydrologischer Karten. Man grenzte nun Flussgebiete nach ihren Wasserscheiden mittels Liniensignaturen und Farbflächen ab, kennzeichnete Einzugsgebiete oder berechnete Flusssichten. In dieser Zeit entstehen sehr viele Karten die Einzugsbereiche von Flussgebieten wiedergeben. Als Beispiel ist die *„Übersichtskarte der hydrographisch ergänzten österreichischen Flußgebiete“* im Maßstab 1 : 750 000 des Militärgeographischen Instituts, zu nennen. Die Karte zeigt, nach Angaben des Hydrographischen Dienstes, die Flussgebiete nach verschiedenen Ordnungen, sowie die Ombrometer- und Pegelstationen.<sup>40</sup>

Auch in anderen Teilbereichen der Hydrologie wurden Fortschritte erzielt. So wurde mit dem Aufkommen der Seenkunde um 1900 die Seenforschung intensiviert. Das Ergebnis waren eine Vielzahl von Atlanten, wie beispielsweise der *„Atlas des Starnberger Sees“* von W. Ule (1 : 50 000, 1901) oder der *„Atlas der Österreichischen Alpenseen“* von A. Penck und E. Richter (1895 – 1896).<sup>41</sup>

Für viele hydrologische Themenbereiche waren das Problem aber weiterhin noch fehlende Datensätze. Viele Themen konnten kartographisch erst behandelt werden, als genügend lange Beobachtungszeitreihen vorlagen und stammen deshalb aus dem frühen 20. Jahrhundert.

Für die Hydrologie brachte die Nutzung der Wasserkraft zur Elektrizitätsgewinnung wertvolle Impulse. Vor allem in den Alpenländern wurden in den 1930er Jahren viele hydrologische Untersuchungen zum Wasserkräftepotential der Flüsse durchgeführt. Der Wasserkraftkataster Österreichs, der nach dem Zweiten Weltkrieg erstellt wurde, zeugt vom großen Interesse in diesem Bereich. Inhalt dieses Kataster sind hydrographische

---

<sup>39</sup> Kretschmer, 2004.

<sup>40</sup> Arnberger, 1966, S. 161.

<sup>41</sup> Kretschmer, Dörflinger & Wawrik, 1986, C/1, S. 94.

Grundlagen (Niederschlag, Einzugsbereich, Abfluss), das Wasserkraftpotential und die tatsächliche Nutzung der Wasserkraft.<sup>42</sup>

In den Jahren zwischen den Weltkriegen wurden in den USA und in Europa zahlreiche Institutionen gegründet, deren Aufgabe es war, die Hydrologie als Ganzes weiterzuentwickeln oder Einzelkomponenten des hydrologischen Kreislaufes genauer zu erfassen. Neben anderen internationalen Einrichtungen, befasst sich auch die UNESCO mit fachspezifischen hydrologischen Problemen. 1965 wurde von ihr eine Internationale Hydrologische Dekade (IHD) für die Förderung langzeitlicher Forschungsprojekte, für die Koordinierung internationaler Forschungsarbeit sowie die Schaffung von Ausbildungsmöglichkeiten im Bereich der Hydrologie eingerichtet. Aufgrund dieser Initiativen in den 1960er und 1970er Jahren wurde der Hydrologie vermehrt Aufmerksamkeit entgegengebracht und es entstanden in den folgenden Jahren eine Reihe von hydrologischen Produkten, wie beispielsweise der „*Hydrologische Atlas der Bundesrepublik Deutschland*“, der „*Hydrologische Atlas der Schweiz*“ oder der „*Hydrological Atlas of Canada*“.<sup>43</sup>

### 3.3 HAÖ – Hydrologischer Atlas Österreichs

Anlässlich der Gründung der Österreichischen Gesellschaft für Hydrologie wurde die Idee „*Hydrologischer Atlas von Österreich*“ geboren. Das Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau der Universität für Bodenkultur erhielt im Jahre 1997 vom Hydrographischen Zentralbüro den Auftrag, eine Machbarkeitsstudie durchzuführen. Ein Jahr später wurde der Auftrag erteilt, Prototypen einer klassischen, gedruckten Ausführung und einer digitalen, GIS - basierten Version zu entwickeln. Auf dieser Grundlage wurde im Sommer 2000 mit der Realisierung des HAÖ begonnen. Der HAÖ verfolgt folgende Zielsetzungen:<sup>44</sup>

- *Homogene Darstellung von hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Informationen auf bundesweiter Ebene*
- *Kompilation von hydrologischen Analysen und Statistiken, um im Bereich der Hydrologie und Wasserwirtschaft Grunddaten zur Verfügung zu stellen*

---

<sup>42</sup> Arnberger, 1966, S. 163.

<sup>43</sup> BMU, 2000.

<sup>44</sup> <http://www.boku.ac.at/iwhw/hao/> [01.08.2008]

- *Bereitstellung der in den Karten dargestellten Informationen, als digitale Datensätze. Anwender können in Zukunft auf einen einheitlichen, konsistenten Datenbestand zurückgreifen. Arbeiten können effizienter durchgeführt werden und untereinander besser verglichen werden.*
- *Das Bewusstsein, dass Wasser eine wertvolle Ressource darstellt, soll in der Öffentlichkeit gefördert werden. Lehrmaterial zu ausgewählten Themen wird die Verwendbarkeit des HAÖ in Bildungseinrichtungen unterstützen.*

Der „Hydrologische Atlas Österreichs“ ist als duales Produkt konzipiert, er besteht aus einer analogen, gedruckten Ausgabe, und einer digitalen, GIS - basierten Ausgabe auf CD-ROM. Für beide bildet ein im Maßstab 1 : 1 000 000 kartographisch aufbereiteter GIS - Datensatz die Datenbasis. Zu jeder Karte gehören ausführliche Erläuterungsblätter, die die verwendete Datengrundlage, die Methodik und die Ergebnisse diskutieren. Der gedruckte Atlas wurde als erweiterbare Sammlung thematischer Karten konzipiert, die in drei Teillieferungen publiziert wurde. Der digitale HAÖ enthält die für die gedruckten Karten verwendeten Datensätze, sowie zusätzliche, mit den Karten verknüpfte textliche, tabellarische und graphische Informationen.<sup>45</sup>

Die erste Lieferung wurde im Frühjahr 2003 der Öffentlichkeit vorgestellt, die 2. Lieferung 2005 und schließlich wurde 2007 die dritte und vorläufig letzte Lieferung publiziert. Insgesamt decken nun 50 Kartenthemen die Hydrologie Österreichs ab. Die inhaltliche Gliederung unterscheidet die Elemente des Wasserkreislaufes sowie Kapitel über Wasser- und Stoffhaushalt, Wasserwirtschaft und Wasser und Umwelt.

<b>1 Grundlagen</b>
<b>2 Niederschlag</b>
<b>3 Verdunstung</b>
<b>4 Schnee und Gletscher</b>
<b>5 Fließgewässer und Seen</b>
<b>6 Grundwasser</b>
<b>7 Wasserhaushalt</b>
<b>8 Stoffhaushalt</b>
<b>9 Wasserwirtschaft</b>
<b>10 Wasser und Umwelt</b>

Abb. 11: Inhaltliche Gliederung des Hydrologischen Atlas Österreichs<sup>46</sup>

<sup>45</sup> <http://www.boku.ac.at/iwhw/hao/> [01.08.2008]

<sup>46</sup> Entnommen aus: <http://www.boku.ac.at/iwhw/hao/> [01.08.2008]

## 4 Hydrologische Fachdaten

In diesem Kapitel werden hydrologische Fachdaten unter die Lupe genommen. Zuerst werden die Methoden der Erfassung festgestellt, dann folgt eine Prüfung der Qualitätskriterien, ferner werden die Fachdaten auf formale Anforderungen geprüft und schließlich wird geklärt, welche Besonderheiten sie aufweisen.

### Geodaten

Der Begriff Geodaten vereint alle digitalen Daten, die einen Raumbezug aufweisen. Man spricht daher auch von raumbezogenen Daten bzw. von Daten mit Raumbezug. In Bezug auf Art und Inhalt könne Geodaten in Geobasisdaten und Geofachdaten unterschieden werden.

Geobasisdaten sind jene Daten, die in der Regel von Amtlichen Vermessungsstellen gewonnen werden. Sie sind anwendungsneutral, maßstabslos, nicht generalisiert und eignen sich somit hervorragend als Grundlage für viele Anwendungen.

Geofachdaten (oder Fachdaten) sind Daten aus einem bestimmten Fachgebiet, wie etwa der Hydrologie. Der Zusatz „Geo“ kennzeichnet das Vorhandensein eines Raumbezugs, wird im Sprachgebrauch aber meist weggelassen.

### 4.1 Erfassung hydrologischer Fachdaten

Geodatenquellen können laut Bartelme folgende sein:<sup>47</sup>

<b>Rohdaten:</b>	Direkt registriert, über Sensoren, Messgeräte oder auf photographischem Wege erfasst
<b>Interpretierte Daten:</b>	Aufgrund eines Hintergrundwissens klassifiziert, mit einer Bedeutung belegt und ergänzt
<b>Symbolisierte Daten:</b>	Aufgrund kartographischer Konventionen (Signaturen, Symbole, Schriften) vercodete Daten
<b>Strukturierte Daten:</b>	Aufgrund eines Hintergrundwissens und einer Anwendungsanforderung zu vielfältigen (auch höheren) Strukturen zusammengefasst

---

<sup>47</sup> Bartelme, 2005, S. 32.

Eine andere Gliederung liefert Günter Hake. Betrachtet man die Quelle, aus der die Daten stammen, kann in originäre und abgeleitete (sekundäre) Geo-Daten unterschieden werden:<sup>48</sup>

### Originäre Geo-Daten

Originäre Daten sind Informationen, die direkt am Objekt oder von Objektträgern (Abbildern) durch Schätzen, Zählen oder Messen gewonnen werden. Die originäre Erfassung von Daten kann auf Grundlage von terrestrisch-topographischen, hydrographischen Methoden oder durch natur- und sozialwissenschaftliche Kartierungen im Gelände erfolgen. Als originär wird auch die Datenerfassung durch Anwendung photogrammetrischer Methoden und Fernerkundungsmethoden bezeichnet. Die maßstabsfreien, kartographisch unveränderten Daten der Landesaufnahme, die in digitalen Landschaftsmodellen gespeichert werden, sind ebenfalls originäre Daten.

### Abgeleitete (sekundäre) Geo- Daten

Sekundäre Daten werden auf mittelbarem Wege gewonnen. Sie stützen sich auf vorhandene Daten, die bereits einmal maßstabs- oder themenbedingt aufbereitet wurden. Dazu zählen vor allem Kartendaten. Daten aus Fachinformationssystemen können ebenfalls als sekundäre Daten bezeichnet werden, da die Eingangsdaten in den meisten Fällen einer Bearbeitung unterzogen werden und somit die ursprüngliche Detailtreue und Vollständigkeit der Daten verloren geht.

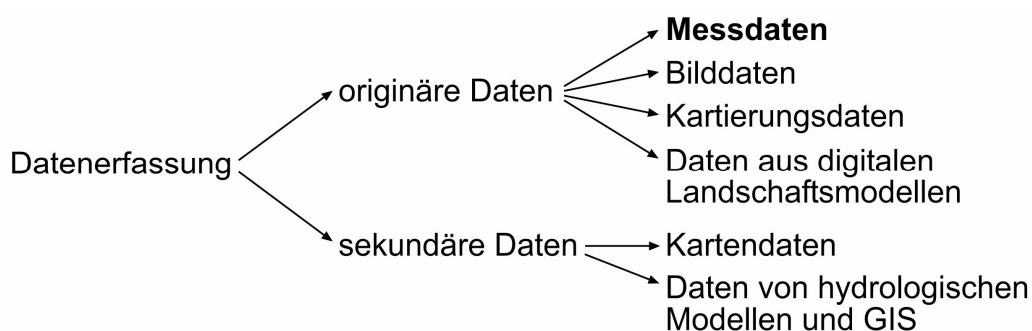


Abb. 12: Erfassung von Hydrologischen Fachdaten

Für die Hydrologie sind nicht alle Datenquellen gleichbedeutend. Der Großteil der in der Hydrologie verarbeiteten Daten, stammt aus direkter Messung und sind deshalb Messdaten. Sie werden im Folgenden auch eingehend behandelt. Der Vollständigkeit halber sollen aber auch alle anderen Quellen kurz erwähnt werden.

<sup>48</sup> Hake, Grünreich & Meng, 2002, S. 299.



#### 4.1.1 Messdaten

Für jenen Teil der Hydrologie, der sich mit der quantitativen Erfassung und Beschreibung des Wasserkreislaufes beschäftigt, ist die Hydrometrie – das hydrologische Messwesen – zuständig. Zu diesem Zweck, wurden seit dem Bestehen des Hydrographischen Dienstes in Österreich umfangreiche Messnetze aufgebaut. Im Sinne von Messnetzoptimierungen werden diese Netze laufend erweitert und ausgebaut. Die Erfassung des Wasserkreislaufes umfasst folgende Elemente: Niederschlag, Verdunstung, Temperatur von Luft und Wasser, Wasserstand, Abfluss, Feststoffe, Eis, unterirdisches Wasser und Quellen.

##### 4.1.1.1 Hydrometeorologische Messnetze in Österreich

Die Messung von meteorologischen und klimatologischen Größen fällt ebenfalls in den Aufgabenbereich des Hydrographischen Dienstes. Für die Hydrologie ist vor allem der Niederschlag als maßgebliche Größe für sämtliche hydrologische Fragestellungen von Bedeutung. Niederschlagsdaten werden zur Beantwortung wasserwirtschaftlicher Fragestellungen in verschiedener zeitlicher und räumlicher Auflösung benötigt.

Bereits vor 250 Jahren gab es in Österreich erste regelmäßige Niederschlagsmessungen (Benediktinerstift Kremsmünster). 1851 wurde durch die Gründung der ZAMG ein meteorologisches Messnetz eingerichtet und mit der regelmäßigen Niederschlagsbeobachtung begonnen. Das Messnetz wurde 1898 durch die Gründung des HZB erheblich ausgebaut. Niederschlag wird in Österreich an 1301 Messstellen gemessen, wobei 148 Messstellen mit Totalisatoren, 699 mit Ombrometern und 454 mit Ombrografen ausgerüstet sind (Stand 2001).<sup>49</sup>

Tab. 1: Die größten Niederschlagsmessstellenbetreiber Österreichs (Stand: 2001)<sup>50</sup>

Messnetzbetreiber	Anzahl
Hydrographischer Dienst	956
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG)	189
Tiroler Wasserkraftwerke AG	61
Vorarlberger Illwerke AG	26
Austrian Hydro Power AG	21
Andere Kraftwerksgesellschaften	11
Institut für Meteorologie und Geophysik der Univ. Innsbruck	11
Sonnblick - Verein	6
Institut für Geographie der Universität Salzburg	4
Private und andere Betreiber	16
<b>Gesamt</b>	<b>1301</b>

<sup>49</sup> BMLFUW, 2003, Kartentafel 2.1.

<sup>50</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2003, Kartentafel 2.1.

#### 4.1.1.2 Messnetze für Oberflächenwasser – Wasserstand und Abfluss

Die Wasserführung der Oberflächengewässer unterliegt erheblichen räumlichen und zeitlichen Schwankungen. Für Hochwasservorhersagen, für Maßnahmen zum Hochwasserschutz und für wasserwirtschaftliche Planungen ist es notwendig, das Wasserangebot hinsichtlich Volumen und zeitlicher Variabilität ermitteln zu können. Als grundlegende hydrologische Größen, werden dafür der Wasserstand und der Abfluss, bzw. Durchfluss, gemessen. Zum Messen der Wasserstände oberirdischer Gewässer werden Pegel eingesetzt. Der einfachste Pegel besteht aus einer Pegellatte mit Zentimetereinteilung am Ufer. An ihr lässt sich die Höhe des Wasserspiegels ablesen. Moderne Messstellen sind mit Schwimmerpegel, Pneumatikpegel und Drucksonden ausgestattet.<sup>51</sup>



Abb. 13: Lattenpegel an der Messstelle am Langenaubach<sup>52</sup>

Damit die Messergebnisse den Qualitätsanforderungen genügen und die Vergleichbarkeit von Daten über Landesgrenzen hinaus sichergestellt ist, regelt die Pegelordnung, wie Pegel an oberirdischen Gewässern zu errichten, zu betreiben und wie die Beobachtungen und Messungen durchzuführen und auszuwerten sind. Ergänzend zur Pegelordnung sind bei Messungen an Pegeln oberirdischer Gewässer nationale und europäische Normen, wie die „ÖNORM B 2400 Hydrologische Fachausdrücke und Zeichen“ zu berücksichtigen.<sup>53</sup>

<sup>51</sup> [http://www.lfu.bayern.de/wasser/fachinformationen/fliessgewaesser\\_wasserstand\\_abfluss/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/wasser/fachinformationen/fliessgewaesser_wasserstand_abfluss/index.htm)

<sup>52</sup> [http://www.lfu.bayern.de/wasser/fachinformationen/fliessgewaesser\\_wasserstand\\_abfluss/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/wasser/fachinformationen/fliessgewaesser_wasserstand_abfluss/index.htm)

<sup>53</sup> Godina, 2002b.

Zusätzliche Geräte für die Erfassung, Registrierung, Anzeige und Fernübertragung des Wasserstandes sowie Einrichtungen zum Messen des Durchflusses und der Wassertemperatur sind ergänzende Einrichtungen am Pegel. Durch den Einsatz moderner Elektronik hat sich die Datenregistrierung entscheidend verändert. Bei einfachen Lattenpegeln wurde der Wasserstand einmal täglich abgelesen und ins Pegelbuch eingetragen, die Registrierung erfolgt kontinuierlich. Mit zusätzlich installierten Datensammlern können die gemessenen Daten digitalisiert abgespeichert und mit Fernübertragungseinrichtungen zum jeweiligen Hydrographischen Landesdienst übertragen werden.<sup>54</sup>

Für die Mehrzahl der heutigen Aufgaben ist weniger der Wasserstand als vielmehr der Abfluss von Interesse. Der Abfluss ist das Wasservolumen aus einem Einzugsgebiet, das in einer Sekunde einen Messquerschnitt passiert. Er ist keine direkt gemessene Größe, sondern wird indirekt über die Fließgeschwindigkeit und die Querschnittsfläche des Messprofils ermittelt. Fehlt die Zuordnung zu einem Einzugsgebiet, spricht man allgemein vom Durchfluss. Für die Ermittlung der Fließgeschwindigkeit gibt es unterschiedliche Verfahren, wie etwa die Messung mit Schwimmflügeln. Die Fließgeschwindigkeit kann ferner mittels Ultraschall, mit akustischen Messgeräten, mit Radar oder durch eine Verdünnungsmessung gewonnen werden.<sup>55</sup>



Abb. 14: Messung mit Schwimmflügel<sup>56</sup>

<sup>54</sup> BMLFUW, 2003, Kartentafel 5.1.

<sup>55</sup> [http://www.lfu.bayern.de/wasser/fachinformationen/fliessgewaesser\\_wasserstand\\_abfluss/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/wasser/fachinformationen/fliessgewaesser_wasserstand_abfluss/index.htm)

<sup>56</sup> [http://www.lfu.bayern.de/wasser/fachinformationen/fliessgewaesser\\_wasserstand\\_abfluss/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/wasser/fachinformationen/fliessgewaesser_wasserstand_abfluss/index.htm)

Ein Basisnetz an Wasserstandsmessstellen wurde unmittelbar nach der Gründung des Hydrographischen Dienstes in Österreich im Jahre 1893 errichtet. Große Hochwasserereignisse in den Jahren 1897 und 1899 bewirkten bald eine Verdichtung des Messstellennetzes, welches in der folgenden Zeit kontinuierlich weiter gewachsen ist. Ab dem Jahr 1951 wurde das Messstellennetz stark erweitert und insbesondere der Anteil an kontinuierlich registrierenden Wasserstandsmessstellen und Durchflussmessstellen erhöht. Im Jahr 2000 wurde ein Stand von ca. 700 kontinuierlich registrierenden Wasserstandspegeln, 540 Durchflussmessstellen und 200 Wassertemperaturmessstellen erreicht. Verglichen mit anderen europäischen Durchflussmessnetzen, liegt die Messnetzdicke Österreichs etwas über dem Durchschnitt. Bezogen auf einzelne Flussgebiete ist sie aufgrund der Gewässerdichte sehr unterschiedlich. Im Bundesgebiet kommt eine Wasserstandsmessstelle auf ca. 100 km<sup>2</sup>, wobei dieser Wert im oberösterreichischen Inn- und Salzachgebiet mit einer Messstelle auf 50 km<sup>2</sup> stark überschritten und im Marchgebiet mit einer Messstelle auf 350 km<sup>2</sup> stark unterschritten wird.<sup>57</sup>

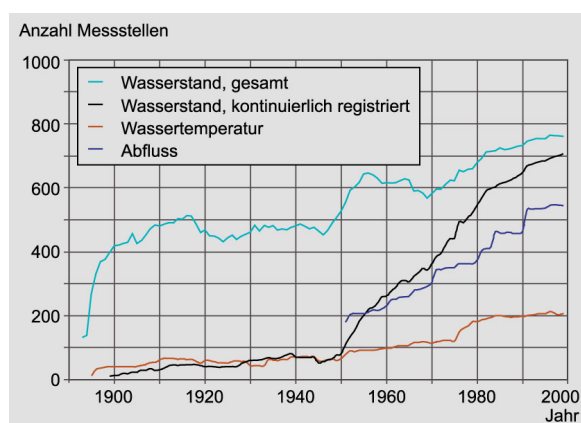


Abb. 15: Entwicklung der Messstellenanzahl an Oberflächengewässern<sup>58</sup>

#### 4.1.1.3 Messnetze für Oberflächenwasser – Gewässerqualität

Die Gewässergüte wird seit 1991 auf Basis der "Wassergüte-Erhebungsverordnung" (WGEV), für Poren-, Karst- und Kluftgrundwasser sowie Fließgewässer, unter einheitlichen Kriterien erhoben. Die administrative Umsetzung des Untersuchungsprogrammes, erfolgt durch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft in Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt und den Ämtern der neun Landesregierungen.<sup>59</sup>

<sup>57</sup> BMLFUW, 2003, Kartentafel 2.1.

<sup>58</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2003, Kartentafel 2.1.

<sup>59</sup> BMLFUW, 2003, Kartentafel 8.1.

Das Fließgewässermessnetz umfasst insgesamt 242 Messstellen, die einen repräsentativen Gesamteindruck über die Qualität der Fließgewässer Österreichs ermöglichen. Der Untersuchungsumfang umfasst 3 große Blöcke mit insgesamt etwa 100 unterschiedlichen Parametern. Erfasst werden anorganische Parameter (Nitrat, Ammonium, Phosphat,...), Schwermetalle (Arsen, Quecksiber, Cadmium,...) und Pestizidwirkstoffe (Triazinwirkstoffe, Phenoxyalkankarbonsäuren,...). Die Wasserqualität wird an sämtlichen Messstellen mindestens 12mal pro Jahr untersucht. An ausgewählten Grenzgewässermessstellen werden die Messungen alle 14 Tage durchgeführt. Flusssedimentuntersuchungen und biologische Gewässergüteuntersuchungen erfolgen einmal pro Jahr.<sup>60</sup>

#### 4.1.1.4 Messnetze für unterirdisches Wasser

In Österreich wird 98% des Trinkwasserbedarfs durch Grund- und Quellwasser gedeckt. Der flächendeckenden quantitativen Beobachtung der Grundwassergebiete und Quellen muss demzufolge hohe Bedeutung zugemessen werden. Vom Hydrographischen Dienst wird das Jahr 1955 als Beginn der Einrichtung und des Betriebes eines Grundnetzes für die Beobachtung des Grundwasserhaushaltes in Österreich angegeben. Für einige Gebiete liegen aber bereits seit 1930 systematische Messungen vor. Der Endausbau sieht 3450 Grundwassermessstellen vor. An den Grundwassermessstellen werden der Wasserstand und die Wassertemperatur gemessen. Seit 1995 wird in Österreich ein Quellsmessnetz aufgebaut. An 68 Quellsmessstellen werden Parameter wie Schüttung, Wassertemperatur, Leitfähigkeit und in den meisten Fällen auch Trübung erfasst.<sup>61</sup>

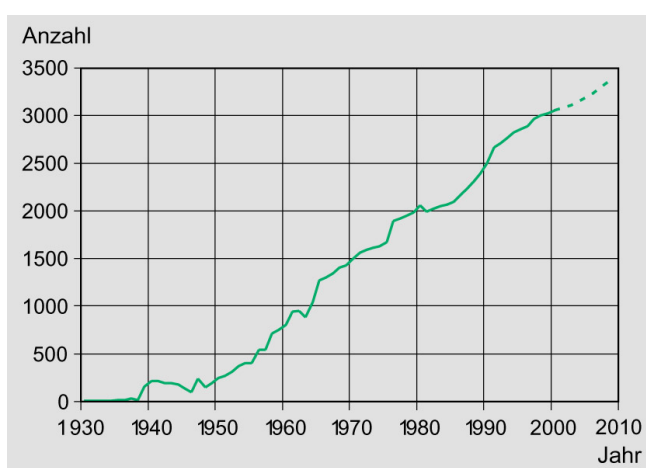


Abb. 16: Entwicklung des Grundwasser-Messnetzes<sup>62</sup>

<sup>60</sup> BMLFUW, 2003, Kartentafel 8.1.

<sup>61</sup> BMLFUW, 2003, Kartentafel 6.1.

<sup>62</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2003, Kartentafel 6.1.

An 335 Messstellen wird neben dem Grundwasserstand auch die Grundwassertemperatur festgehalten. An Messstellen, die über keine kontinuierlich registrierende Messgeräte verfügen, wird der Grundwasserstand in der Regel einmal wöchentlich gemessen. Im Jahr 2001 existieren 68 Quellmessstellen, an denen Schüttung, Wassertemperatur, Leitfähigkeit und in den meisten Fällen auch Trübung registriert wird.<sup>63</sup>

Das Bundesgebiet wird somit von einem grobmaschigen Messnetz überzogen, welches einen repräsentativen Gesamteindruck über die Gewässerqualität Österreichs ermöglicht. Zuletzt wurde die Wasserqualität an 1781 Porengrundwassermessstellen und 237 Karst- und Kluftgrundwassermessstellen überprüft. Das Grundwasser wird viermal jährlich untersucht, wobei ein Beobachtungszyklus sechs Jahre andauert. Die Untersuchung konzentriert sich auf die drei vorhin genannten Untersuchungsblöcke.<sup>64</sup>

#### 4.1.1.5 Messnetze für Schneemessstellen und Gletscher

Der Hydrographische Dienst und die Zentralanstalt für Meteorologie betreiben in Österreich die umfangreichsten Messnetze für Schnee. Ferner unterhalten auch die Lawinenwarndienste der Bundesländer ca. 60 automatisierte Schneehöhenmessstellen. Neben der Höhe der Schneedecke und des Neuschnees wird an einigen Messstellen auch das Wasseräquivalent der Schneedecke gemessen.

Die Vermessung der Gletscher Österreichs wird vor allem von den Universitäten Innsbruck und Salzburg in Zusammenarbeit mit dem Hydrographischen Dienst, dem Alpenverein, der ZAMG, der Austrian Hydro Power und der Bayrischen Akademie der Wissenschaft durchgeführt. Von 178 Gletschern liegen Messergebnisse unterschiedlichster Zeitspannen vor. Bei der Vermessung der Gletscher werden charakteristischen Kenngrößen, wie Längenänderung der Gletscherzunge, Massenhaushaltsänderungen, Volumen und Volumsänderungen sowie die Fließgeschwindigkeit der Gletscher gemessen.<sup>65</sup>

Ferner werden die Gletscher vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) im Rahmen der Aktualisierung der ÖK50 in periodischen Abständen von 6-8 Jahren neu vermessen.

---

<sup>63</sup> BMLFUW, 2003, Kartentafel 6.1.

<sup>64</sup> BMLFUW, 2003, Kartentafel 8.1.

<sup>65</sup> BMLFUW, 2005, Kartentafel 4.1.

#### 4.1.1.6 Wiederholungsmessungen

Generell kann bei der Messung von Daten zwischen Einmalmessung und Wiederholungsmessungen unterschieden werden. Bei der Messung hydrologischer Daten handelt es sich um Wiederholungsmessungen, da laufend in bestimmten Zeitabständen gemessen wird. Dadurch entstehen Zeitreihen die durch Mittelwertbildung auf einen bestimmten Zeitpunkt oder Zeitraum diskretisiert werden müssen. Über Messintervalle und Beobachtungsfrequenz hydrologischer Phänomene in Österreich informiert Tab.3.

#### 4.1.2 Bilddaten

Die Datengewinnung durch Fernerkundung spielt in der Hydrologie noch eine untergeordnete Rolle. Satelliten- und Luftbilder werden verwendet, um Informationen über die Schneehöhe in unzugänglichen und spärlich bewaldeten Gebirgsgebieten, sowie über die Ausdehnung der Schneedecke, zu erhalten. Die Schneeverteilung und Schneelinienbewegung in gebirgigen Einzugsgebieten erhält man oft noch genauer aus Satellitenbildern als von Bodenstationen. Eine weitere Einsatzmöglichkeit ist die Bestimmung des Wasseräquivalents der Schneedecke. Bilddaten können außerdem zur Abgrenzung von Überschwemmungsgebieten und zur Erfassung von Wasserqualitätsänderung in Seen und Stauseen herangezogen werden.<sup>66</sup>

Eine weitere Möglichkeit, ist die flächenhafte Erfassung von Niederschlag mittels Radar. Der große Vorteil gegenüber der punkthaften Erfassung durch Messung liegt darin, dass die starke räumlich-zeitliche Variabilität des Niederschlags besser aufgenommen werden kann. Ferner bringt die zentrale Onlineerfassung den Vorteil des Einsatzes der Daten für die Hochwasservorhersage und den Betrieb von Speichern und Hochwasserrückhaltebecken.

#### 4.1.3 Kartendaten

Die Gewinnung von Daten aus Karten wirft einige Probleme auf. Der Karteninhalt wurde bereits einmal einer kartographischen Bearbeitung und Generalisierung unterzogen. Es liegen also bereits, im Allgemeinen bearbeitete, Sekundärdaten vor, die nun ein weiteres mal, zur Datengewinnung herangezogen werden.

---

<sup>66</sup> WMO, 1994.

Aus topographischen Karten können keine hydrologischen Daten im eigentlichen Sinn ermittelt werden. Sie dienen aber zur Ermittlung und Abgrenzung von Einzugsgebieten und Wasserscheiden, und sind Datenquelle für ein wesentliches Untersuchungsfeld der Hydrologie, das Gewässernetz.

Das Gewässernetz nimmt in Hydrologischen Karten eine Sonderstellung ein. In vielen Fällen stellt das Gewässernetz das eigentliche Thema dar oder es ist zumindest Träger der thematischen Information. Die Analyse des Gewässernetzes, liefert dem Hydrologen wertvolle Hinweise auf die Geologie und Geomorphologie des Untersuchungsgebietes. Dabei können die Gewässersysteme nach ihrer Gestalt, die durch die Art der Verzweigung und die Länge der Flussstrecken zwischen den Gabelungen bestimmt wird, in unterschiedliche Entwässerungstypen klassifiziert werden. Ferner können auf relativ einfache Art und Weise Parameter (Flussordnungszahlen, Gewässernetzdichte, usw.) ermittelt werden, die Auskunft über das natürliche Entwässerungssystem geben und Aussagen über die Erdoberfläche zulassen.

#### 4.1.4 Daten aus Hydrologischen Modellen und Geoinformationssystemen (GIS)

Hydrologische Modelle versuchen, die charakteristischen Eigenschaften von hydrologischen Prozessen zu simulieren. Mit ihnen sollen Erkenntnisse von hydrologischen Abläufen gewonnen, und deren Gesetzmäßigkeiten ermittelt werden. Als Modellinput werden gemessene oder statistisch berechnete Daten herangezogen. Das Modell muss so lange kalibriert werden, bis die Ergebnisse aus dem Modell mit den tatsächlich gemessenen Werten oder den statistischen Berechnungen übereinstimmen. Erst dann kann das Modell als geeicht betrachtet, und für weitere Funktionen eingesetzt werden. Mit abgestimmten hydrologischen Modellen ist es möglich, die Wirkung von Prozessen und Maßnahmen in die Zukunft zu projizieren und zukünftige Entwicklungen abzuschätzen.

Wie für jede Wissenschaft, die sich mit raumbezogenen Daten beschäftigt, ist auch in der Hydrologie und Wasserwirtschaft der Einsatz von GIS nicht mehr wegzudenken. GIS-Systeme können wichtige Funktionen in der Modellanwendung übernehmen und unterstützend wirken. Maidment unterscheidet folgende Ebenen der Unterstützung: Hydrologische Abschätzung, Ermittlung hydrologischer Parameter, hydrologische Modellierung im GIS und Kopplung von GIS und hydrologischen Modellen.<sup>67</sup>

---

<sup>67</sup> Maidment, 1993.



Die häufigste Anwendung ist derzeit die Ermittlung hydrologischer Parameter. Dabei werden durch Analyse von Geländeeigenschaften und Landnutzungskarten, Parameter für hydrologische Modelle abgeleitet. Ferner werden GIS eingesetzt, wenn punkt- und linienhaften Beobachtungen eines Parameters interpoliert und flächenhaft dargestellt werden sollen. Eine unentbehrliche Rolle spielt der Einsatz von Digitalen Höhenmodellen (DHM) in der Hydrologie. War die direkte Verwendung von DHMs für traditionelle hydrologische Modelle zu aufwendig, kann in modernen Modellen dieser Informationsgehalt mittels GIS relativ problemlos integriert werden. DHMs stellen die wichtigste Grundlage zur Ableitung synthetischer Gewässernetze, der Abgrenzung von Teileinzugsgebieten, der Berechnung von Hangneigungen, Exposition und anderen Parametern, dar. Diese Informationen werden als Eingangsparameter für hydrologische Modelle benötigt.<sup>68</sup>

## 4.2 Qualität hydrologischer Fachdaten

Die Qualität jedes kartographischen Produktes ist unter anderem von der Qualität der verwendeten Daten abhängig. Bis die Daten schlussendlich vom Kartennutzer interpretiert werden, durchlaufen sie eine Reihe von Prozeduren die alle erhebliche Datenfehler verursachen können. Beim Erfassen, Speichern, Verwalten, Auswerten, Darstellen, Verarbeiten und der Organisation muss stets Augenmerk auf Datenqualität gelegt werden.<sup>69</sup>

Mit zunehmender Verfügbarkeit von Geodaten werden Informationen über die Art der Datengewinnung, die fachliche Bedeutung, Aktualität und Qualität dieser Daten erforderlich. Diese Daten werden Metadaten genannt.

### 4.2.1 Metadaten

In der Literatur werden Metadaten oft als „*Daten über Daten*“ bezeichnet, mit denen die Qualität der Geodaten beschrieben werden kann. Laut Hake et al. sollen Metadaten „*Aussagen über die geometrische, semantische und temporale Genauigkeit, sowie Angaben zur Zuverlässigkeit der Datenquellen und zur Vollständigkeit der Modellierung*“ geben.<sup>70</sup>

---

<sup>68</sup> Fürst, 2004, S. 149.

<sup>69</sup> Kainz, 1999.

<sup>70</sup> Hake, Grünreich & Meng, 2002, S. 354.

Caspary gliedert Metadaten in qualitative Attribute und weiterführende Metainformation. Unter den qualitativen Attributen finden sich Angaben zur Genauigkeit, Auflösung, Vollständigkeit, Konsistenz und Modellierbarkeit. Diese qualitativen Attribute werden durch weiterführende Information wie, Anwendungszweck, Quellenangabe, Erfassungsmethode, Datenaufbau, Zugriff, Hersteller und Datenmodell, ergänzt.<sup>71</sup>

Um die stark wachsenden Geo-Datensätze in Zukunft adäquat und sinnvoll nutzen zu können, muss ein System mit allgemein akzeptierten Metadaten-Richtlinien geschaffen werden. Derzeit arbeiten unterschiedliche Institutionen an der Errichtung diverser Normungs- und Standardisierungsvorgaben. Die wichtigsten sind Dublin Core und ISO11915. Die Meta-Daten-Standards definieren, welche Attribute beschrieben werden, nicht aber, wie sie abgespeichert werden. Der Standard Dublin Core speichert 15 Attribute ab, der ISO-Standard über 300.

## 4.2.2 Qualitätssicherung im Hydrographischen Zentralbüro in Österreich

### 4.2.2.1 Qualitätssicherung bei der Erfassung

Die World Meteorological Organisation (WMO) veröffentlicht einen Leitfaden, dessen Ziel es ist, Hydrologischen Diensten Informationen über gegenwärtige Verfahren und Geräte zur Verfügung zu stellen, um eine erfolgreiche Messung zu gewährleisten. Dadurch soll die Qualität hydrologischer Daten verbessert und zudem die Zusammenarbeit auf internationaler Ebene erleichtert werden. Unter anderem enthält der Leitfaden Richtlinien und Regeln, die von den Hydrographischen Diensten der Mitgliedsländer berücksichtigt werden sollten.<sup>72</sup>

Trotz umsichtiger Vorgehensweise bei der Messung, sind Fehler nicht zu vermeiden. Deshalb müssen die Daten nach der Messung auf Konsistenz und Homogenität geprüft werden. Daten sind konsistent, wenn sie nicht durch Messfehler verfälscht sind. Ursachen für Messfehler können Gerätefehler, Ablesefehler oder Fehler durch Geräte- oder Personalwechsel sein. Messfehler können in systematische und zufällige Fehler unterschieden werden.

---

<sup>71</sup> Caspary, 1992.

<sup>72</sup> WMO, 1994.

**Systematische Fehler** sind meist mit dem gewählten Messprinzip verbunden und führen zu einer immer gleichgerichteten Verfälschung des Messwertes. Bleiben Geräte und Messbedingungen unverändert, so werden diese Fehler nicht durch eine Erhöhung der Anzahl der Messungen vermindert. Systematische Fehler können durch Korrektur, geeignete Anpassung oder Änderung der Geräte beseitigt werden. Systematische Fehler entstehen auch häufig durch schwierige Messbedingungen, wie unregelmäßiger Abfluss oder ungünstige Stationslage.<sup>73</sup>

**Zufällige Fehler** entstehen bei der Beobachtung oder durch unbemerkte Veränderungen der Aufstellungsbedingungen, bzw. der Messandordnung. Zufällige Fehler können nicht eliminiert werden, ihre Auswirkungen können jedoch durch wiederholte Messungen und der Bildung des arithmetischen Mittels vermindert werden.

**Grobe** oder **scheinbare** Fehler können durch Eliminierung des betroffenen Messwertes eliminiert werden. Dazu eignen sich statistische Tests, mit denen diese Ausreißer ermittelt werden können.

Daten sind homogen, wenn sich das durch die Messung beschriebene hydrologische System während des Messzeitraumes nicht wesentlich geändert hat. Die Homogenität von Daten kann nach der Methode der doppelten Summenlinie (Doppelsummenanalyse) oder anderen hydrologischen Tests bestimmt werden. Ferner eignen sich auch eine Reihe statistischer Tests zur Prüfung auf Homogenität.<sup>74</sup>

Laut Nobilis bedarf es allgemeingültiger Richtlinien, die regelmäßig zu überprüfen und zu überarbeiten sind, um eine optimale Erfassung zu gewährleisten. In Zukunft muss besonderes Augenmerk auf verschiedene Stufen der Qualitätssicherung von Daten gelegt werden. Dabei spielt die Nutzung neuester Technologien beim Einsatz von Messgeräten, seien es neue Sensoren, Messverfahren oder neue Speicher- und Übertragungssysteme, eine wesentliche Rolle. Mit der Einführung neuer Richtlinien ist auch die Frage der fachspezifischen ÖNORMEN verbunden. Neben den nationalen Normen muss auch auf den Aufbau europäischer Normen, die z.T. auf ISO-Standards zurückgreifen, Wert gelegt werden.<sup>75</sup>

---

<sup>73</sup> WMO, 1994.

<sup>74</sup> Maniak, 2005, S. 84.

<sup>75</sup> Nobilis, 2000.

Beim HZB ist die Sicherung der Datenqualität durch einen klar definierten Datenfluss, regelmäßige Kontrollmessungen, eine Wartung der Messstellen und Geräte sowie eine Qualitätskontrolle durch einheitliche EDV-unterstützte Auswerteregeln gewährleistet.

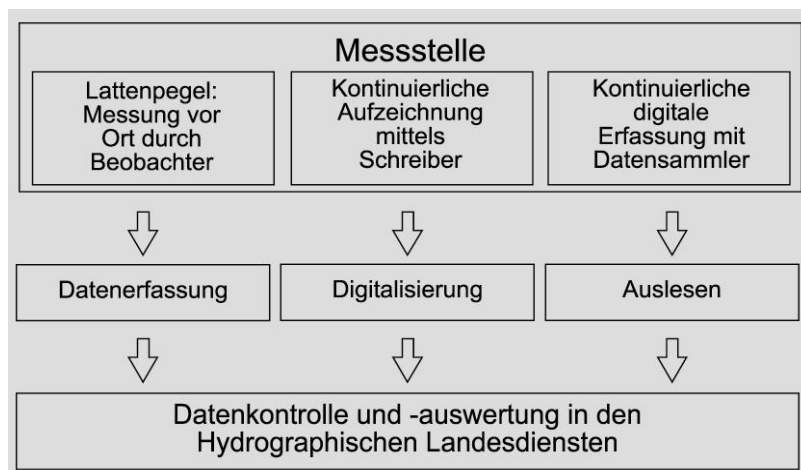


Abb. 17: Datenfluss innerhalb des HZB<sup>76</sup>

#### 4.2.2.2 HyDaMs - Qualitätssicherung bei der Weiterverarbeitung

Nach der Datenerfassung muss für eine entsprechend hochqualitative sekundäre Datenverarbeitung gesorgt werden. Darunter ist die weiterführende statistische Verarbeitung, die Einbindung in hydrologische Modelle und die kartographische Darstellung von Parametern bzw. abgeleiteten Größen mit GIS zu verstehen.

Durch die steigende Anzahl der Messstellen und die immer größeren Ansprüche an die Datenqualität, wurde eine wesentlich aufwendigere Bearbeitung und Prüfung der Daten erforderlich. Diese Aufgabe war nur mehr mittels automationsgestützter Datenverarbeitung möglich. Dazu wurde Mitte der 1990er Jahre ein Konzept ausgearbeitet, welches vorsah, den großen Informationsgehalt der gemessenen Zeitreihen, zusammen mit vielen anderen messstellenrelevanten Daten in ein modernes Informations-System einfließen zu lassen. Es wurde HyDaMs entwickelt, ein Hydrologisches Informationssystem für Zeitreihen, das einen schnellen Datenzugriff, einfache Benutzeroberflächen und hydrologisch relevante Funktionalitäten auf Zeitreihen, anbietet. Mit HyDaMs kann der Benutzer den Zusammenhang aller wesentlichen Parameter des Wasserhaushaltes darstellen und analysieren.<sup>77</sup>

<sup>76</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2003, Kartentafel 5.1.

<sup>77</sup> <http://www.wassernet.at/article/articleview/20022/1/5704> [01.08.2008]

Die Erstellung des Hydrographischen Jahrbuches von Österreich, wird ebenfalls mit Hilfe von HyDaMs durchgeführt. Die Abbildung zeigt die Darstellungsmöglichkeit von Zeitreihen verschiedener Parameter in HyDaMs.

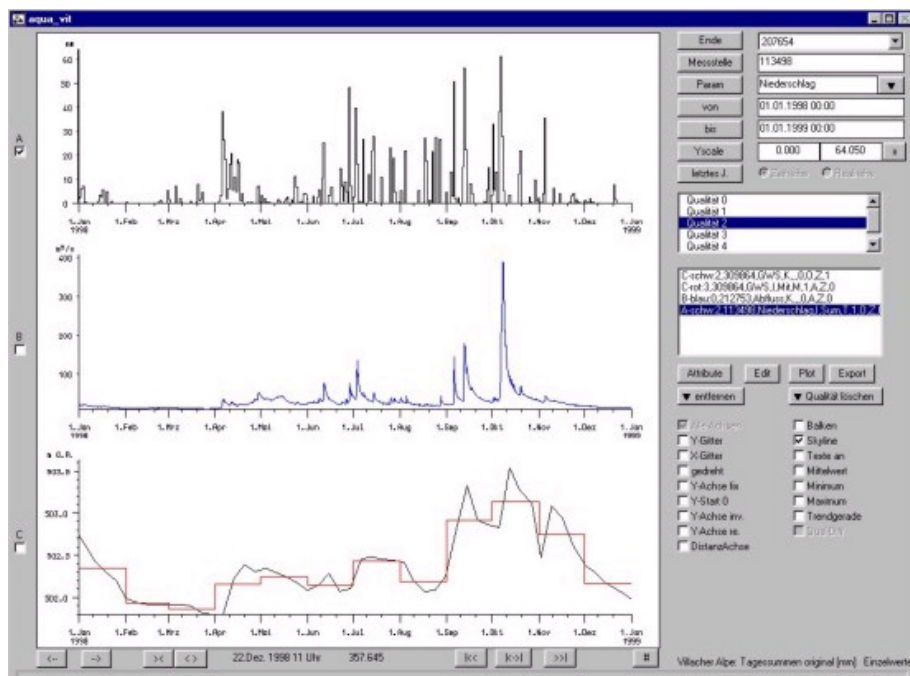


Abb. 18: Screenshot einer Hydams – Szene<sup>78</sup>

#### 4.2.3 Qualitätsbeschreibende Attribute

Nach Bollmann beschreibt die Datenqualität „Merkmale von Daten hinsichtlich ihrer Weiterverarbeitung“. Als qualitätsbeschreibende Kriterien können „Genauigkeit, Aktualität, Fehlerfreiheit und Vollständigkeit“ genannt werden. „Auf internationaler, europäischer und nationaler Ebene existiert eine Vielzahl von Ansätzen, die Qualität in Standards abzubilden. Allgemeine Ansätze zur Qualitätssicherung sind die ISO-Standards (ISO 9000-9004) zur Qualitätssicherung, die vor allem bei der Datenerfassung eine Rolle spielen, und speziell für Geodaten die ISO 19113 Norm zur Kennzeichnung von Datenqualität und Aufbau von Metadaten“.<sup>79</sup>

Die ISO19113 Norm unterscheidet quantitative und nicht quantitative Qualitätsinformationen. Quantitative Attribute können durch Maßzahlen ausgedrückt werden, nicht quantitative werden lediglich textlich repräsentiert. Für die Beurteilung eines Datensatzes sind Wahr/Falsch Angaben oft nicht möglich. Zur Qualitätsdiagnose können

<sup>78</sup> <http://www.wassernet.at/article/archive/5704/> [01.08.2008]

<sup>79</sup> Bollmann & Koch, 2001, S. 137.

Angaben von Standardabweichungen, mittleren Punktlagefehlern, Intervallen, Wahrscheinlichkeiten und Prozentzahlen sinnvoll sein. Manchmal wird auch eine rein textliche Qualitätsangabe ihren Zweck erfüllen.<sup>80</sup>

#### **Quantitative Qualitätsangaben**

Vollständigkeit

Logische Konsistenz

Positionsgenauigkeit

Zeitgenauigkeit

Thematische Genauigkeit

#### **Nicht-quantitative Qualitätsangaben**

Zweck

Verwendung

Herkunft

Anwendungsspezifische Qualitätsangaben

Auch für den digitalen HAÖ stellte sich die Frage nach einer geeigneten Geo-Datensatzbeschreibung. Zu allen Themen, die im Atlas visualisiert wurden, bietet der digitale HAÖ die thematischen Geo-Datensätze an. Zur Beschreibung der Datensätze wurde das XML-basierende Metadatenkonzept der Firma ESRI herangezogen. In den Metadaten sind Informationen wie Ursprung, Inhalte, Bearbeitungen, Attribute, Nutzungs- und Urheberrechte jedes Datensatzes dokumentiert.<sup>81</sup>

### 4.3 Formale Anforderungen an hydrologische Daten für die Visualisierung

Aus kartographischer Sicht müssen hydrologische Fachdaten für die Visualisierung drei Kriterien erfüllen. Sie müssen räumliche, sachliche und zeitliche Bezüge aufweisen.

#### 4.3.1 Raumbezug

Eine wesentliche Anforderung an Geodaten ist das Vorhandensein eines Geometriebezugs, d.h. die Objekte und Sachverhalte beschreibenden Daten müssen eindeutig räumlich verortbar sein. Nach der Art und Abgrenzung ihres Vorkommens lassen sich diese Objekte in Diskreta oder Kontinua unterscheiden.<sup>82</sup>

<sup>80</sup> Bartelme, 2005, S. 244-245.

<sup>81</sup> <http://www.boku.ac.at/iwhw/hao/> [01.08.2008].

<sup>82</sup> Hake, Grünreich & Meng, 2002.

## Diskreta

Diskreta sind nach allen Seiten hin abgrenzbar, die geometrische Information liegt in der Beschreibung dieser Abgrenzung (punkt-, linien- und flächenhaft). Beispiele aus der Hydrologie, sind:

- die Darstellung von Pegelstationen (punkthaft)
- die Visualisierung des Gewässernetzes (linienhaft)
- die Abgrenzung von Einzugsgebieten (flächenhaft)

## Kontinua

Im Gegensatz zu Diskreta sind Kontinua unbegrenzte Phänomene und von lückenlosem, stetigen Verlauf. Kontinua können nach der Ausbreitung in raumfüllende oder flächenhafte Kontinua unterschieden werden. Beispiele aus der Hydrologie sind:

- der Niederschlag, die Lufttemperatur oder die Verdunstung (raumfüllend)
- Grundwasserkörper (flächenhaft)

Die Ausdehnung dieser Phänomene, kann nicht eindeutig festgelegt werden. Die räumliche Differenzierung eines Kontinuums muss gemessen werden. Die geometrische Information über Kontinua besteht in der Lageangabe der Messpunkte und der Messwerte (Koten). Durch die Wiedergabe der Lage und der Kote entsteht ein Wertefeld, durch das das Kontinuum geometrisch definiert werden kann. Je dichter das Wertefeld ist, desto besser wird das Kontinuum wiedergegeben.

Für die Oberflächengewässer-Messstellen (Pegel), wird in den Hydrographischen Jahrbüchern statt der Lagekoordinaten eine „Kilometrierung“ im km angegeben. Die Kilometrierung zeigt den Abstand der Messstelle, zur nächsten Mündungen bzw. zum nächsten Zusammenfluss an, wobei die Projektion der Kilometrierung an die Ufer senkrecht zur Gewässerachse erfolgt. Mit Hilfe der Kilometrierung kann die Position der Messstelle genau ermittelt werden. Die Hydrometeorologischen Messstellen sind durch die Angabe der geographischen Breite und Länge und der Höhenangabe geometrisch festgelegt und eindeutig im Raum zu verorten.

### 4.3.2 Sachbezug

Der Sachbezug beschreibt die Eigenschaften der Daten. Dabei kann zwischen qualitativen und quantitativen Daten unterschieden werden. Während durch die Qualität die Art, Eigenschaft oder Beschaffenheit von Objekten ausgedrückt wird, gibt die Quantität die Größe, Menge oder Werte von Objekten wieder.

In der Geostatistik werden Daten nach ihrem Skalenniveau und den damit verbundenen zulässigen Operationen gegliedert. Unterschieden werden vier Niveaus mit unterschiedlichem Informationsgehalt. Es kann hierarchisch in nicht metrisch skalierte (Nominal- und Ordinaldaten) und metrisch skalierte (Intervall- und Ratioidaten) Daten unterschieden werden. Metrisch skalierte Daten sind quantitative Daten, Daten auf Nominal- oder Ordinalniveau sind qualitative Daten.

Hydrologische Daten sind in der Mehrheit gemessene Werte. Sie stellen somit hochrangige, metrisch skalierbare Quantitäten dar. Die meisten Daten (Niederschlag in mm oder Abfluss in m<sup>3</sup>) besitzen einen absoluten Nullpunkt und sind somit auf Rationiveau angesiedelt. Die Wassertemperatur in Kelvin ausgedrückt, ist ratioskaliert, wird sie in °C angeführt, sinkt sie auf Intervallniveau.

Die Messung von Quantitäten kann kontinuierlich, mit Hilfe eines stetig registrierenden analogen Schreibers, oder diskret, in Form einer digitalen Anzeige, erfolgen. Im letztgenannten Fall liegt eine Diskretisierung des stetigen Wertes vor. Die gemessenen Originaldaten werden weiterverarbeitet und vereinfacht in Form von Mittel- und Summenwerten dargestellt, wobei sich am Skalenniveau selbst jedoch nichts ändert.

Durch Klassifikation oder durch die kartographische Darstellung, kann es zu einer Rückstufung auf eine niederrangige Datenebene kommen. So entspricht die Klassifikation der Gewässergüte in „gut – mittel – schlecht“ dem Ordinalniveau, obwohl die ursprünglich gemessenen Daten metrisch skaliert sind.

Neben metrisch skalierbaren Daten, gibt es in der Hydrologie auch Daten auf niedrigerem Niveau. Die Unterscheidung von Einzugsgebieten bewegt sich auf Nominalniveau. Die hierarchische Folge des Gewässernetzes vom Bach zum Strom stellt eine geordnete Reihenfolge dar, und ist somit dem Ordinalniveau zuzuordnen.



Bei der kartographischen Darstellung der Daten spielt das Skalenniveau der Daten eine wichtige Rolle. Die Darstellung ist durch formale Aspekte geregelt. Kartographische Gestaltungsmittel, wie die Grundelemente Punkt, Linie und Fläche bzw. ausgewählte Signaturen müssen auf die Daten abgestimmt werden. Es erfolgt also durch die Visualisierung ein methodisch geregelter Datentransfer, welcher (vereinfacht nach Maßstab und Generalisierung) durch den Nutzer auch wieder umgekehrt werden kann und ihm so die Möglichkeit auf einen Rückschluss auf die Daten gibt. „So können beispielsweise nominalskalierte Geodaten durch die unterschiedliche Farbe von Zeichen qualitativ wahrnehmbar, ordinalskalierte Geodaten durch die unterschiedliche Helligkeit der Farben oder Schraffuren von Zeichen geordnet wahrnehmbar und intervall- und ratioskalierte Geodaten durch die unterschiedliche Größe von Zeichen [...] quantitativ wahrnehmbar abgebildet werden.“<sup>83</sup>

Tab. 2: Beispiele für Skalenniveaus in der Hydrologie

	Skalenniveau	Beispiel
<b>nicht metrisch skaliert</b>	Nominalniveau	Einzugsgebietsgliederung
	Ordinalniveau	Gewässernetz
<b>metrisch skaliert</b>	Intervallniveau	Wasserstand Wassertemperatur in °C
	Rationiveau	Abfluss Niederschlag Wassertemperatur in K

<sup>83</sup> Bollmann & Koch, 2002. S. 330.

### 4.3.3 Zeitbezug

Der Zeitbezug von Daten beschreibt das zeitliche Verhalten eines Objektes. Die kartographische Wiedergabe, bringt entweder das statische Verhalten oder das dynamische Verhalten eines Objektes zum Ausdruck. Topographische Karten sind ein Beispiel für statisches Verhalten, da sie eine Momentan-Aufnahme eines Zustandes wiedergeben. Viele thematische Karten hingegen stellen geometrische und substantielle Veränderungen, wie Strömungen oder andere Entwicklungen dar.<sup>84</sup>

Der Faktor Zeit spielt in der Hydrologie eine wichtige Rolle. Neben der Frage der zeitlichen Datierung, also der Aufnahme des Objektes (der Daten), ist vor allem die räumliche Veränderung einer Größe, innerhalb eines bestimmten Zeitabschnitts von Interesse. Viele hydrologische Größen besitzen eine starke periodische Komponente, d.h. es ist neben der räumlichen auch eine starke zeitliche Variabilität feststellbar. Diese zeitliche Änderung von hydrologischen Größen während eines Jahres kann graphisch durch die „Ganglinie“ visualisiert werden, wobei der Begriff „Ganglinie“ hauptsächlich für den Wasserstand und den Abfluss verwendet wird.

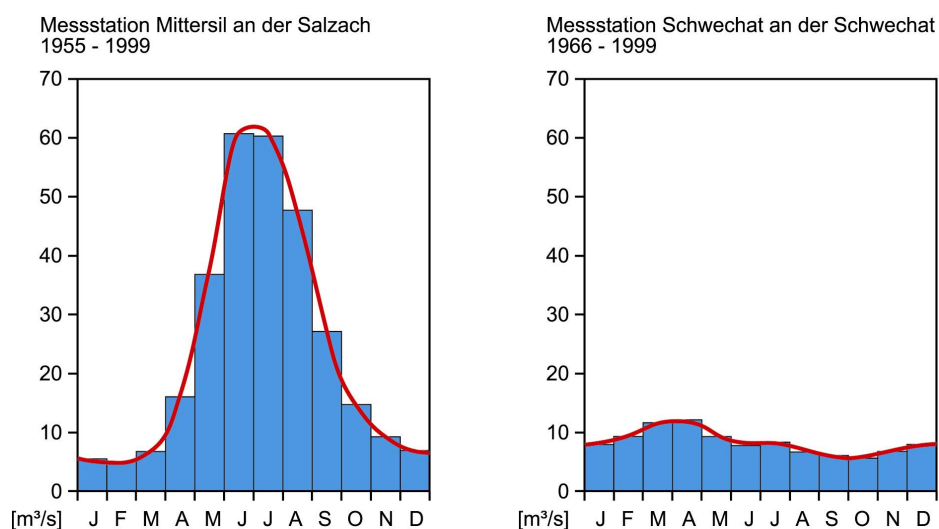


Abb. 19: Ganglinien der mittleren monatlichen Abflüsse der Stationen Mittersil und Schwechat

Um diese Periodizität festhalten zu können, ist es notwendig, dass regelmäßig gemessen wird (Wiederholungsmessung). In Abhängigkeit von der Messmethode wird entweder stetig mit einem analogen Schreiber oder zu bestimmten Zeiten gemessen. An Messstellen, an denen nicht kontinuierlich gemessen wird, erfolgt die Datenerfassung regelmäßig zu festgelegten Zeitpunkten. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Beobachtungsfrequenz unterschiedlicher hydrologischer Phänomene.

<sup>84</sup> Hake, Grünreich & Meng, 2002, S. 18.

Tab. 3: Beobachtungsfrequenz hydrologischer Größen in Österreich

Niederschlag	Kontinuierliche Messung oder mindestens einmal am Tag
Abfluss	Kontinuierliche Messung oder mindestens einmal am Tag
Grundwasserstand	An 90% der Messstellen einmal, in wenigen Gebieten zweimal wöchentlich gemessen. Am Rest der Messstellen wird kontinuierlich gemessen
Grundwassertemperatur	An 37 Messstellen werden einmal monatlich Grundwassertemperaturprofile gemessen
Quellschüttung	Kontinuierliche Messung oder im 15 Minuten Takt
Gewässergüte	Grundwasser: viermal jährlich Fließgewässer: monatlich

Die Erfassung der Daten geschieht permanent, bzw. ein- bis mehrmals am Tag. Um diese Daten kartographisch verwerten zu können, müssen die Daten auf einen bestimmten Zeitpunkt oder Zeitraum bezogen werden, sie müssen zeitlich „diskretisiert“ werden.

Mit der Diskretisierung auf einen Zeitraum ist zwangsläufig ein gewisser Informationsverlust verbunden, da durch die diskreten Werte der tatsächliche Verlauf des Wasserstands oder des Abflusses nur angenähert wiedergegeben werden kann. Die Wahl des Diskretisierungsschrittes hängt unter anderem von der Größe des Einzugsgebietes oder der Problemstellung ab. Je kleiner er ist, desto genauer kann der Verlauf der Abflussganglinie abgebildet werden. Für Abflüsse werden meist die mittleren täglichen Abflüsse gebildet. Daraus können in Folge die Mittel für Monate, Halbjahre oder Jahre gebildet werden.<sup>85</sup>

Einen übergeordneten Zeitbezug gibt die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) vor. Um die internationale Vergleichbarkeit von Arbeiten und Analysen zu gewährleisten, schlägt sie einen 30-jährigen Bezugszeitraum für die standardmäßige Auswertung von weltweiten Klimadaten vor. Die aktuell laufende Klimanormalperiode ist der Zeitraum von 1991 bis 2020. Davor gab es die Klimanormalperioden von 1931 bis 1960 und von 1961 bis 1990.

Alle meteorologischen und hydrologischen Zeitreihen, die zur Erstellung der HAÖ-Karten verwendet wurden, stützen sich auf die Zeitperiode von 1961 – 1990.

<sup>85</sup> Maniak, 2005, S. 84-86.

## 4.4 Besonderheiten Hydrologischer Daten und ihre Auswirkungen

Aus den gewonnenen Erkenntnissen über die Merkmale hydrologischer Daten, können nun die Auswirkungen auf die kartographische Visualisierung der Grundkartenelemente und der Fachdaten gezogen werden.

### **Merkmale Hydrologischer Daten**

- Hydrologische Daten sind in der Mehrheit positionsbezogene Messdaten
- Die Messwerte können auf Gewässerabschnitte bezogen werden
- Die Dichte der Messstationen legt vorrangig den Maßstab Hydrologische Karten fest
- Die Wiederholungsmessungen führen zu Zeitreihen
- Hydrologische Daten unterliegen saisonalen Schwankungen

### **Auswirkungen auf die Grundkartenelemente**

- Die Messstationen liegen an fließenden und stehenden Gewässern. Das Gewässernetz muss deshalb in außerordentlich hoher geometrischer und inhaltlicher Genauigkeit vorliegen.
- Die Hydrologie beschäftigt sich mit naturräumlichen Phänomenen. Eine adäquate Geländedarstellung ist für die Interpretation vieler hydrologischer Themen nützlich.
- Bei der Beschriftung der Karte muss den Gewässernamen besondere Beachtung geschenkt werden.

### **Auswirkungen auf die Visualisierung der Fachdaten**

- Die kartographische Visualisierung der Messstationen erfolgt mit speziellen Positionssignaturen, den Pegelsymbolen.
- Die Wiederholungsmessungen führen zu Zeitreihen, die zur Visualisierung „Diskretisiert“ werden müssen. In Abhängigkeit vom Thema werden Mittelwerte für gewisse Zeitspannen gebildet.
- Die an Messstellen gemessenen Daten können auf Gewässerabschnitte bezogen werden. Die Wiedergabe der Daten erfolgt in diesen Fällen mit Liniensignaturen oder Banddarstellungen.
- Zur Visualisierung positionsbezogener sonstiger Daten, können Positionssignaturen oder lokale Diagramme verwendet werden.
- In Abhängigkeit von der Messnetzdicke können die Daten, die Kontinua beschreiben, auch interpoliert und flächenhaft dargestellt werden, womit zur Darstellung Isolinienkarten zur Anwendung kommen.

## 5 Kartographische Visualisierung - Grundkartenelemente

Dieses Kapitel zeigt, welche Auswirkungen die Besonderheiten der hydrologischen Fachdaten auf die kartographische Visualisierung der Grundkartenelemente haben. Nach der Klärung der Maßstabsfrage und einem kurzen allgemeinen Teil, werden die Unterschiede, die Grundkarten Hydrologische Karten gegenüber anderen Grundkarten thematischer Karten aufweisen, dargestellt.

### 5.1 Maßstabsfrage

Bevor auf die kartographische Visualisierung eingegangen werden kann, muss die Maßstabsfrage geklärt werden. Der Kartenmaßstab wird in erster Linie durch die Dichte der darzustellenden Daten und dem Kartenzweck bestimmt. Für thematische Karten ist dabei natürlich die Dichte der Fachdaten entscheidend. In Kapitel 4 wurde ausführlich über die Datennetze des Hydrographischen Dienstes in Österreich informiert. Aufgrund der Dichte der Messnetze ergeben sich sinnvolle Darstellungen lediglich für mittlere und kleine Maßstäbe. Damit sind Maßstäbe 1 : 250 000 und kleiner gemeint. Für größere Maßstäbe ist die erforderliche Datendichte nicht ausreichend. Die folgenden Ausführungen über die topographische Grundkarte beziehen sich immer auf diesen festgelegten Maßstabsbereich.

Für den HAÖ wurden zwei Maßstäbe für die Kartendarstellungen festgelegt. Die topographische Grundkarte wurde für den Hauptmaßstab 1 : 1 000 000 gefertigt. Aus diesem, wurde die Grundkarte für den Nebenmaßstab 1 : 2 000 000 abgeleitet, indem die Kartenelemente inhaltlich generalisiert wurden.

### 5.2 Allgemeines zur topographischen Grundkarte

Jede thematische Karte baut auf einer topographischen Grundkarte auf. Der topographische Kartengrund dient laut Hake als geometrisches Gerüst zur Festlegung der thematischen Angaben und zum sachlichen Verständnis des Themas. Er dient als Orientierungshilfe und soll als Hintergrundinformation das eigentliche Thema unterstützen und sinnvoll ergänzen. Ein zu dominanter Kartengrund wirkt störend und lenkt vom eigentlichen Thema ab.<sup>86</sup>

---

<sup>86</sup> Hake, Grünreich & Meng, 2002, S. 486.

Die topographische Grundkarte besteht aus der Situationsdarstellung, der Geländedarstellung und dem Namengut. Unter Situation versteht man die Gewässer, Siedlungen, Verkehrswege, Bodenbedeckung des nicht gebäudeverbauten Raumes und sonstige zusätzliche topographische Angaben (z.B. Grenzen).<sup>87</sup>

Je nach Fachgebiet, Maßstab und Zweck der Karte werden an die topographische Kartengrundlage unterschiedliche Ansprüche gestellt. Die Aufnahme der vollständigen Topographie in eine thematische Karte ist nur in großen Maßstäben möglich. Mittlere und kleine Maßstäbe erfordern wegen des höheren Feinheitsgrades der thematischen Darstellung eine stärkere Anpassung der topographischen Grundkarte. Es werden jene topographischen Elemente weggelassen, die keine oder nur geringe Beziehung zum dargestellten Thema haben. Ferner müssen die verbleibenden Grundkartenelemente meist geometrisch und inhaltlich generalisiert werden.

Arnberger hält fest, dass es für die meisten thematischen Karten genügt, wenn sich der topographische Kartengrund aus den wichtigsten Siedlungen, den Verkehrswegen, dem Gewässernetz und der Geländeform zusammensetzt.<sup>88</sup>

Für thematische Atlanten ist es nicht möglich, dass für jedes Kartenthema eine eigene Grundkarte erstellt wird. Stattdessen können einige Grundkartentypen für jeweils mehrere Themen gefertigt werden. Beispielsweise eine Situationskarte für die Darstellung von diskreten und kontinuierlichen Inhalten und eine Karte der Verwaltungsgrenzen zur Darstellung flächenbezogener, oft statistischer Quantitäten.<sup>89</sup>

### **Grundkarte des HAÖ**

Für den HAÖ musste der topographische Kartengrund neu entworfen werden. Ausschlaggebend dafür war, dass keine amtliche österreichische Karte im Maßstab 1 : 1 000 000 vorhanden ist, die als Kartengrund hätte dienen können. Der Neuentwurf brachte den Vorteil mit sich, dass der topographische Kartengrund optimal an die Ansprüche des HAÖ angepasst werden konnte.

---

<sup>87</sup> Arnberger & Kretschmer, 1975, S. 235.

<sup>88</sup> Arnberger, 1966, S. 209.

<sup>89</sup> Hake, Grünreich & Meng, 2002, S. 486-487.

Bei jedem Neuentwurf muss geklärt werden, ob die Karten als Rahmenkarten oder Inselkarten gefertigt werden. Die Karten des HAÖ sind als Rahmenkarten konzipiert. Aus diesem Grund, mussten die Elemente der topographischen Grundlage entsprechend dem Kartenausschnitt über die Staatsgrenzen hinaus erfasst werden. Für die notwendigen Ergänzungen in den angrenzenden Nachbarländern mussten die Daten aus Karten der Nachbarländer digital erfasst werden.

Die Visualisierung der Fachdaten (thematischer Inhalt) beschränkt sich auf das Bundesgebiet. Natürlich wäre eine grenzübergreifende Betrachtung erstrebenswert gewesen. In der Realität wäre aber die Datenbeschaffung bei den unterschiedlich ausgeprägten Datenbeständen der Nachbarstaaten für die manchmal doch sehr speziellen Themen, beinahe undurchführbar gewesen.

### 5.3 Grundkarten für hydrologische Karten

Wie bereits erwähnt, hängt es von der Thematik ab, welche Grundkartenelemente dargestellt und wie stark generalisiert sie dargestellt werden. Die Hydrologie ist ein Fachgebiet, das sich mit der Visualisierung naturräumlicher Phänomene befasst. Dieser Kartentyp benötigt eine andere Grundkarte, als eine Karte, die beispielsweise ein wirtschaftsgeographisches Thema zum Inhalt hat. Bei der Auswahl der Grundkartenelemente kann auch, je nach Thema, auf bestimmte Ebenen verzichtet werden.

#### 5.3.1 Gewässernetz und Gletscher

Das Gewässernetz nimmt in hydrologischen Karten eine Sonderstellung ein. Während es bei anderen thematischen Karten vor allem zur Orientierung dient, ist es bei hydrologischen Karten oft auch Träger der eigentlichen thematischen Information. Das Gewässernetz ist also nicht nur Grundkartenelement sondern gleichzeitig auch Teil der thematischen Darstellung. Somit muss dem Gewässernetz besondere Beachtung geschenkt werden. Es muss dichter und geometrisch genauer als in anderen thematischen Karten desselben Maßstabes visualisiert werden, um alle Aufgaben erfüllen zu können.

Bei der Darstellung und Generalisierung des Gewässernetzes muss darauf geachtet werden, dass die Flussdichte und die Ausprägung des Gewässernetzes dem Landschaftsbild entspricht. Bestimmte Gewässernetzmuster lassen auf geologische Ausbildungen einzelner Landschaften, tektonische Leitlinien, auf Sättel, Mulden oder Verwerfungslinien schließen. Müssen aufgrund der Generalisierung ganze Flussläufe weggelassen (selektiert) werden, darf der geomorphologische und hydrogeologische Charakter des Gebietes darunter nicht leiden.

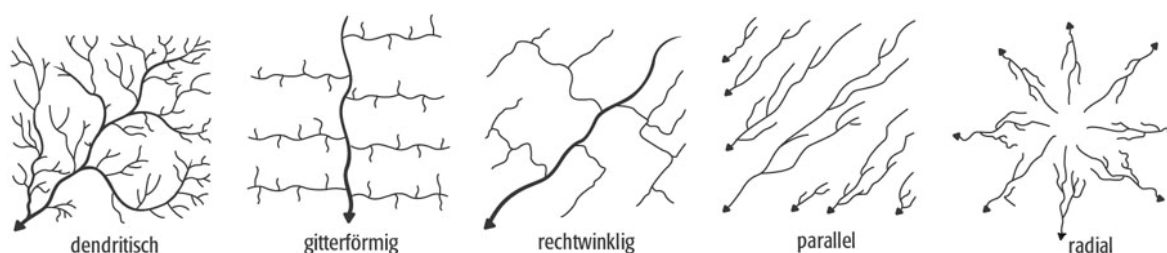


Abb. 20: Flussnetztypen<sup>90</sup>

Vorteilhaft ist die Visualisierung aller natürlichen und künstlichen Kanäle, Talsperren, Staudämme und Überleitungen, da sie das natürliche vom Gelände vorgegebene Abflussverhalten der Gewässer beeinflussen können. Die Visualisierung dieser Objekte hängt natürlich sehr stark vom Maßstab ab, in sehr kleinen Maßstäben wird wohl auf sie verzichtet werden müssen.

Die Visualisierung von Gletscherflächen spielt in den Grundkarten vieler thematischer Karten keine Rolle. Für Hydrologische Karten sind Gletscher jedoch unverzichtbare Elemente der Grundkarte. Gletscher haben eine wesentliche Bedeutung für den Wasserhaushalt, da das im Gletscher gebundene Wasser nicht sofort, sondern zeitlich verzögert abfließt. Dadurch wird in warmen Jahreszeiten die Wasserführung von Bächen und Flüssen aus vergletscherten Einzugsgebieten erhöht. Gletscher haben somit eine Ausgleichende Wirkung, da sie in Trockenzeiten die Gewässer mit Wasser versorgen. Es sind unter Anderem die Gletscher, die für die Periodizität des Abflusses verantwortlich sind, das Abflussregime von Flüssen wird durch Gletscher maßgeblich beeinflusst.

<sup>90</sup> Modifiziert entnommen aus: Bollmann & Koch, 2001, S. 258.



## Gewässernetz des HAÖ

Das Gewässernetz des HAÖ wurde durch Digitalisierung der entsprechenden Rasterdatei des Kartographischen Modells 1 : 500 000 (KM500-R) des BEV gewonnen. Nach der Vektorisierung musste die Linienführung dem Maßstab 1 : 1 000 000 angepasst werden.

## Generalisierung

Das gesamte Gewässernetz des KM500-R ist für eine Karte mit einem Maßstab von 1 : 1 000 000 generell zu dicht. Aus kartographischer Sicht wäre eine inhaltliche Generalisierung, eine Ausdünnung des Gewässernetzes, sicherlich anzustreben gewesen. Einwände seitens der Hydrologie haben aber schlussendlich dazu geführt, dass das vollständige Gewässernetz aus dem KM500 dargestellt wurde. Die Visualisierung einiger Themen des HAÖ wäre nur unvollständig möglich gewesen, hätte man Teile des Gewässernetzes weggelassen. Als Beispiel möchte ich auf die Karte der Wasserstands- und Abflussmessstellen hinweisen. Wäre inhaltlich generalisiert (selektiert) worden, hätten viele Messstellen nicht angezeigt werden können, da das entsprechende Gewässer, an dem sich die Messstelle befindet, nicht dargestellt worden wäre. Aus diesem Grund wurde das Gewässernetz in einer für diesen Maßstab sehr hohen Dichte visualisiert.

Bei der geometrischen Generalisierung des Gewässernetzes, musste die Linienführung an den Maßstab 1 : 1 000 000 angepasst werden. Das drückt sich unter anderem in einem Fortfall der nicht mehr darstellbaren Bögen und Schleifen bei Flussläufen aus. Es galt, die Gewässer derart zu glätten, dass einerseits der geomorphologische Charakter erhalten blieb und andererseits ein harmonisches Kartenbild entstand.

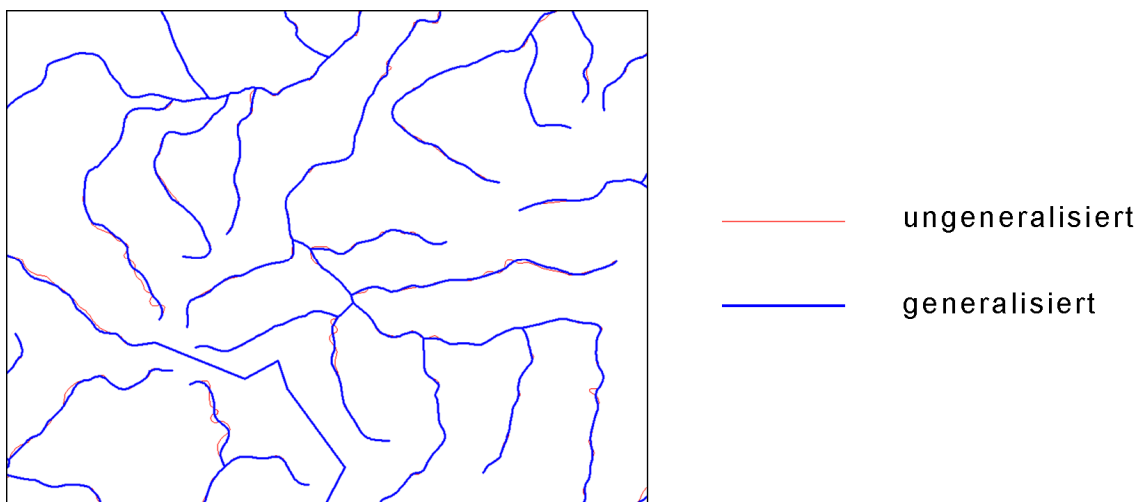


Abb. 21: Flussläufe vor und nach der geometrischen Generalisierung

Ein Problem ergab sich bei der Abstimmung anderer hydrologischer Datensätze mit dem Gewässernetz. Die Grundwassergebiete sind ursprünglich an das Gewässernetz der ÖK50 angepasst und somit gab es natürlich Probleme mit dem Gewässernetz der ÖK500, da diese zum Teil sehr stark in ihrer Linienführung vereinfacht dargestellt werden. Aus diesem Grund mussten verschiedenste Datensätze an den Gewässerverlauf angepasst werden.

Wie die Fließgewässer wurden auch die Seen aus dem KM500-R übernommen. Im Gegensatz zu den Fließgewässern, mussten bei den stehenden Gewässern aufgrund der Mindestdimensionen einige Seen selektiert werden. Im Maßstab 1 : 1 000 000 werden Seen mit einer Fläche von kleiner als 225 000m<sup>2</sup> nicht dargestellt. Das entspricht einer Kartenfläche von etwa 0,5 x 0,5 mm<sup>2</sup> und damit der graphischen Mindestgröße. Seen, die unter dieser Mindestgröße lagen, wurden in der Karte nicht mehr eindeutig als Fläche erkannt und deshalb weggelassen.

Neben dieser automatischen Auswahl wurden einige Grenzfälle, etwa bei sehr ungünstigen geometrischen Formen (z.B. ein langgezogener See), ebenfalls entfernt. Für den Maßstab 1 : 2 000 000 betrug die Mindestgröße 1 000 000 m<sup>2</sup>.

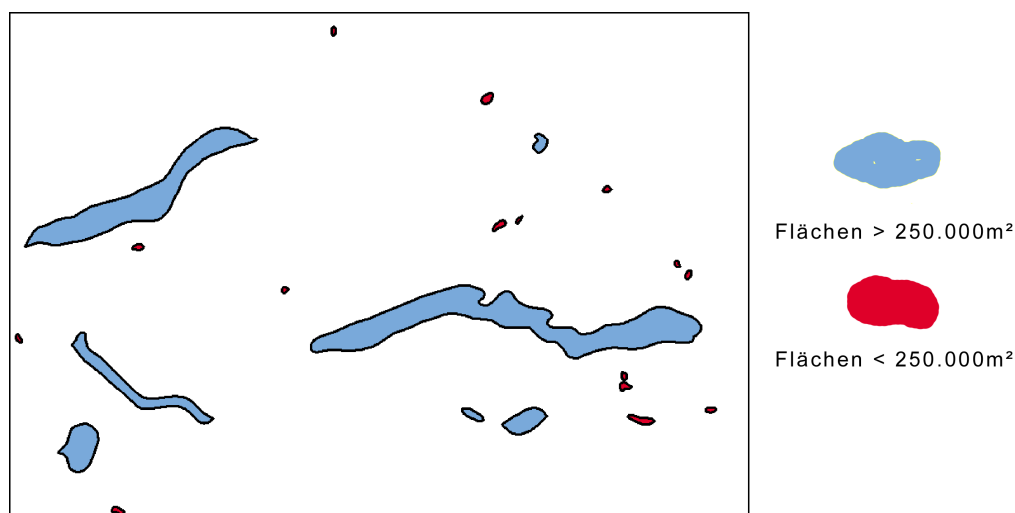


Abb. 22: Inhaltliche Generalisierung stehender Gewässer

## Klassifikation

In großmaßstäbigen topographischen Karten werden die Fließgewässer nach der Flussbreite klassifiziert. Zur Visualisierung werden, je nach Flussbreite, entweder lagetreue Linien oder grundrissähnliche Doppellinien verwendet.

Ab einem Maßstab von 1 : 500 000 und kleiner, ist eine grundrissähnliche Darstellung des Gewässernetzes nicht mehr möglich. Die Fließgewässer werden nun durch lagerichtige Liniensignaturen visualisiert, wobei die Mittellinie des Fließgewässers die Geometrie angibt. Um den hierarchischen Charakter des Gewässernetzes darstellen zu können, müssen die Fließgewässer klassifiziert werden. Durch Variation der Linienstärke wird die Stellung des Fließgewässers im Gewässernetz ausgedrückt. Während bei Karte großen Maßstabs die Breite des Gewässers als Klassifikationskriterium herangezogen wird, können bei kleineren Maßstäben auch subjektive Eindrücke, wie die Bedeutung oder der Bekanntheitsgrad des Fließgewässers berücksichtigt werden.

Ziel der Darstellung des Gewässernetzes für den HAÖ war es, durch die Variation der Linienstärke eine quasi „stufenlose“ Darstellung des Gewässernetzes zu erzielen, die den hierarchischen Charakter des Netzes erkennen lässt. Dazu war es notwendig, die Flüsse von ihrem Ursprung bis zur Mündung in mehrere Abschnitte zu unterteilen. Als Klassifikationsgrundlage bot es sich deshalb an, die Flüsse nach einem Flussordnungssystem zu ordnen.

Bei einem Flussordnungskonzept werden Flussabschnitten dimensionslose Parameter zur typologischen Kennzeichnung zugeordnet. Aufgrund dieser Parameter, also der Ordnung, können den Flussabschnitten bestimmte Flusseigenschaften zugeordnet werden. Bekannte Flussordnungskonzepte sind jene von Horton, Shreve oder Strahler.

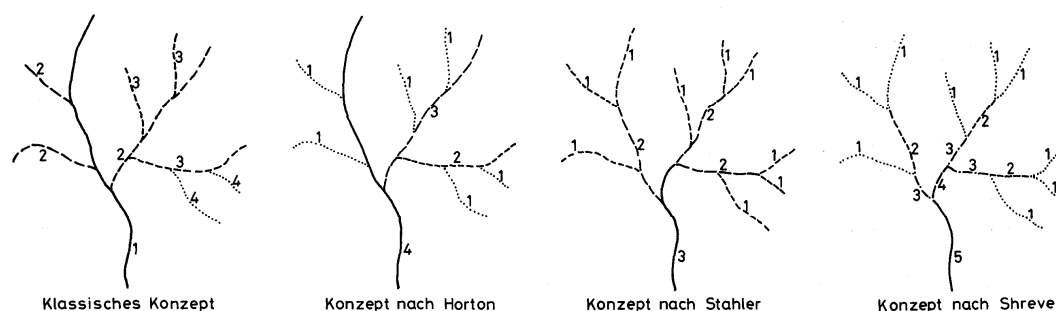


Abb. 23: Flussordnungssysteme<sup>91</sup>

Bei dem klassischen Einteilungskonzept erhält der Hauptfluss die Ordnung 1 und die direkt in ihn einmündenden Nebenflüsse die Ordnung 2, die in diese Flüsse mündenden Gewässer die Ordnung 3 usw. Für das Gewässernetz des HAÖ sollte eine Ordnung als Grundlage für die kartographische Gestaltung herangezogen werden. Es boten sich jene Konzepte an, die das Flussnetz ausgehend von den Quellflüssen klassifizieren. Diese Voraussetzung erfüllen die Flussordnungskonzepte von Shreve oder Strahler.

<sup>91</sup> Modifiziert entnommen aus: Baumgartner & Liebscher, 1990, S. 469.

Für die Darstellung im HAÖ wurde das Gewässernetz des HAÖ nach einem nach Strahler angelehnten System geordnet. Diese Gliederung der Fließgewässer führte zu sieben Klassen, wobei die Donau als einziges Gewässer die siebente Klasse belegt. Die Visualisierung der nach Strahler geordneten Flüsse führte zu einem guten aber keinem idealen Ergebnis. Viele Flüsse wären aufgrund ihrer zugewiesenen Ordnung zu stark hervorgehoben worden, während andere, bedeutendere Flüsse, zu schwach dargestellt worden wären. Ferner waren noch immer erkennbare „Sprünge“ in der Darstellung des Gewässerverlaufes vorhanden, die durch die Einführung von weiteren Klassen entschärft werden konnten. Um die wichtigsten Fließgewässer noch klarer erkennbar zu machen, wurden für diese 2 weitere Klassen eingeführt.

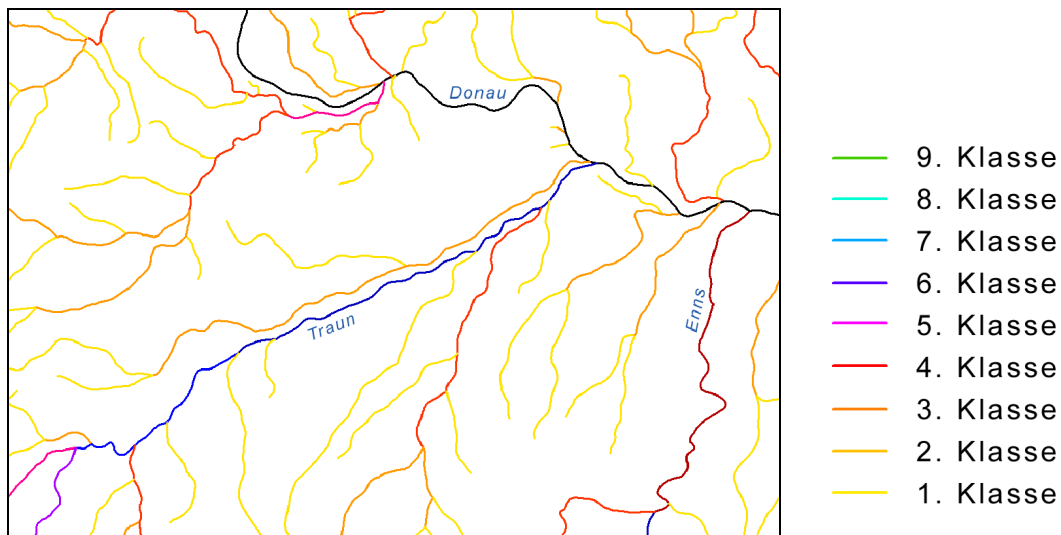


Abb. 24: Klassifikation von Fließgewässern nach dem Flussordnungskonzept von Strahler

## Visualisierung

Die Darstellung der klassifizierten Fließgewässer erfolgt durch lagetreue Linien unterschiedlicher Strichstärke. Durch die Klassifikation in neun Klassen, wurden fließende Übergänge zwischen den Flussabschnitten erzielt und der hierarchische Charakter des Flussnetzes hervorgehoben. Für die neun Klassen wurden Strichstärken von 0,11mm – 0,44mm verwendet.



Abb. 25: Fließgewässer des HAÖ

Neben den natürlichen Fließgewässern werden auch künstlich geschaffene Kanäle dargestellt. Diese Information ist in der Rasterdatei der ÖK500-R nicht enthalten und musste aus der ÖK50 abgeleitet werden. Eine spezielle Liniensignatur gewährleistet die Unterscheidbarkeit zu den natürlichen Gewässern. Ferner beinhaltet das Gewässernetz des HAÖ alle bedeutenden Altarme und natürlichen Kanäle, sofern sie in der ÖK500 enthalten sind.

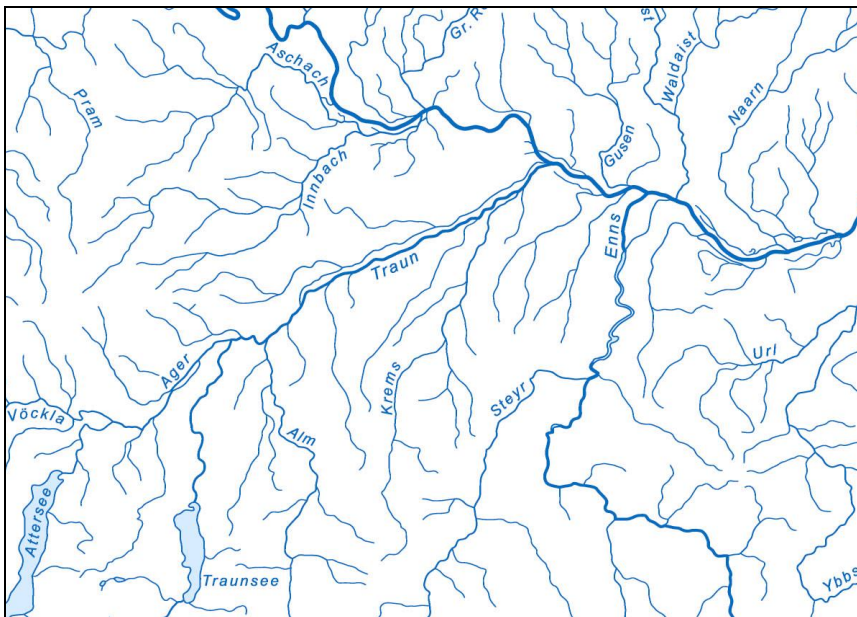


Abb. 26: Gewässernetz des HAÖ

Für Darstellung des Gewässernetzes im Maßstab 1 : 2 000 000 mussten die Fließgewässer überarbeitet werden. Dabei wurden die Fließgewässer inhaltlich generalisiert werden, d.h. einige Gewässer wurden weggelassen. Als Richtlinie für die Auswahl der Flüsse für den Maßstab 1 : 2 000 000 wurde die Topographischen Karte Österreichs im Maßstab 1 : 2 000 000 aus dem „Atlas der Republik Österreich“ herangezogen. Dadurch erhält auch das Gewässernetz der Kartentafeln 1 : 2 000 000 ein sehr dichtes Gewässernetz. Die Geometrie der Fließgewässer wurde nicht verändert.

### 5.3.2 Gelände

Die Visualisierung des Geländes spielt in vielen thematischen Karten keine wesentliche Rolle. Für die Darstellung naturräumlicher Themen kann eine gelungene Geländedarstellung jedoch wesentlich zum Verständnis des Karteninhaltes beitragen. Bei Hydrologischen Karten erleichtert eine adäquate Visualisierung der Geländeform, den Zusammenhang zwischen der hydrologischen Größe und dem morphologischen Charakter des Geländes erkennbar zu machen. Hydrometeorologische Größen, wie Niederschlag oder Verdunstung, sind wesentlich vom Gelände, insbesondere von der Geländehöhe, abhängig. Durch die kombinierte Darstellung der Thematik mit dem Gelände, kann die Interpretation und Analyse des kartographischen Ergebnisses erleichtert werden.

Hake fordert, dass die Darstellung des Geländes geometrisch ausreichend exakt sein muss und den Formencharakter zutreffend erkennbar machen soll. In Abhängigkeit vom Maßstab, kann entweder die eine oder die andere Forderung nicht optimal umgesetzt werden. Große Maßstäbe bieten geometrisch einwandfreie Darstellungen der Geländehöhe durch Höhenkoten und Höhenlinien, plastische Eindrücke sind jedoch kaum üblich. In kleinen Maßstäben steht die Wiedergabe großräumiger Geländeformen im Vordergrund, während die Geometrie nur sehr beschränkt angegeben werden kann.<sup>92</sup>

Das Gelände kann mittels Höhenpunkten, Höhenlinien, Schummerung, Formzeichen (Felsdarstellung) oder einer Kombination dieser Elemente wiedergegeben werden. Die Auswahl der Darstellungselemente ist wesentlich vom Kartenmaßstab abhängig, für verschiedene Maßstabsbereiche erfolgen unterschiedliche Verknüpfungen. Die gebräuchlichsten Kombinationen für mittlere und kleine Maßstäbe sind:<sup>93</sup>

- Mittlere Maßstäbe: Höhenkoten, Höhenlinien, Schummerung und Felsdarstellung
- Kleine Maßstäbe: Farbige Höhenschichten und/oder einzelne Höhenpunkte und Schummerung

Die Geländedarstellung soll das Thema unterstützen, den Karteninhalt graphisch jedoch nicht zu stark belasten. Aus diesem Grund sollte in mittleren (und kleinen) Maßstab auf die Felsdarstellung verzichtet werden und auch Höhenlinien nur sparsam eingesetzt

---

<sup>92</sup> Hake, Grünreich & Meng, 2002, S. 426.

<sup>93</sup> Hake, Grünreich & Meng, 2002, S. 434.

werden. Die Thematik muss im Vordergrund stehen. Die Geländeformen sollten mit Hilfe der Schummerung wiedergegeben werden, ausgewählte Höhenpunkte an markanten Stellen können die absolute Höhenwiedergabe sicherstellen.

### **Geländedarstellung im HAÖ**

Für die Kartengrundlage des HAÖ wurde auf eine Visualisierung absoluter Höhen durch Höhenpunkte oder Höhenlinien verzichtet, da sie das Kartenbild zu stark belastet hätten. Die absolute Höhe ausgewählter, markanter Punkte wird jedoch auf dem Kartenblatt „Topographische Übersichtskarte“ dargestellt.

Das Gelände wird durch Schummerung wiedergegeben. Für den HAÖ musste eine eigene Schummerung erstellt werden, da aufgrund der generalisierten Gewässer die Schummerung der ÖK500 oder anderer Institutionen nicht verwendet werden konnte. Die Grundlage für die Schummerung bildete ein Höhenmodell, das aus dem Gewässernetz des HAÖ und den Höhenlinien aus dem KM500 gerechnet wurde. Mit dem Programm Shadow von Bernhard Jenny (ETH Zürich) wurde das Höhenmodell zusätzlich kartographisch aufbereitet. Aus dem Höhenmodell, konnte eine Böschungsschummerung und eine Schräglichtschummerung abgeleitet werden. Durch die Kombination dieser beiden wurde die Schummerung des HAÖ erzeugt. Wichtig war, dass die Schummerung die Täler nicht zu stark belastete, da diese den Großteil der thematischen Information, sei es nun bei Messstellenkarten oder Grundwasserthematiken, aufnehmen musste.



Abb. 27: Ausschnitt aus der Schummerung des HAÖ

### 5.3.3 Siedlungsnetz

Das Siedlungsnetz hat hohes Orientierungspotential und sollte, wenn auch in ausgedünnter Form, in Grundkarten Hydrologischer Karten dargestellt werden. Die Auswahl der Orte kann laut Hake „nach der Einwohnerzahl, aber auch nach verkehrstechnischen, wirtschaftlichen, kulturellen, historischen, politischen und anderen Gesichtspunkten getroffen werden.“<sup>94</sup>

In mittleren und kleinen Maßstäben erfolgt die Darstellung der Siedlungen signaturhaft durch die Angabe des Gesamtumrisses oder durch lagetreue Positionssignaturen. Der Vorteil der Positionssignatur liegt darin, dass durch die Variation der Signatur nach Größe und Form auch quantitative Angaben gestuft wiedergegeben werden können.

#### Siedlungsnetz des HAÖ

Für den HAÖ wurde die politische Funktion der Siedlungen als Auswahlkriterium herangezogen. Demnach werden alle Landeshauptstädte und Bezirkshauptstädte im HAÖ dargestellt. Durch diese Auswahl ergaben sich Lücken im Siedlungsnetz, die mit weiteren Orten gefüllt werden mussten. Bei der Auswahl dieser zusätzlichen Siedlungen wurde neben der Größe oder Bekanntheit auch auf eine etwaige hydrologische Bedeutsamkeit Rücksicht genommen. Aus diesem Grund wurde der Ort Lunz am See aufgenommen, da dieser bei Hydrologen und Meteorologen als „Kältepol“ und als sehr niederschlagsreich wohlbekannt ist.

In Abhängigkeit von der Einwohneranzahl, erfolgt die Visualisierung entweder grundrissähnlich durch die Darstellung des Gesamtumrisses des verbauten Gebietes oder signaturhaft durch lagetreue Ortssignaturen. Als Schwellenwerte wurden 10.000 und 50.000 Einwohner festgesetzt. Siedlungsgebiete mit mehr als 50.000 Einwohnern werden grundrissähnlich visualisiert, während für Siedlungsgebiete unter 50.000 Einwohner lagetreue Ortssignaturen zur Darstellung herangezogen werden.

#### Siedlungen



über 50 000 Einwohner

○ 10 000 bis 50 000 Einwohner

○ unter 10 000 Einwohner

Abb. 28: Darstellung der Siedlungsgebiete im HAÖ

<sup>94</sup> Hake, Grünreich & Meng, 2002, S. 420.



### 5.3.4 Verwaltungsgrenzen

Ein weiteres Element der topographischen Grundkarte ist die Darstellung der administrativen Grenzen. Dabei gibt es keine Unterschiede im Vergleich zu anderen thematischen Karten. Im HAÖ beschränkt sie sich auf die Wiedergabe der Staatsgrenzen und der österreichischen Bundesländergrenzen. Eine weitere Unterscheidung (Bezirke, Gemeinden) ist aufgrund des Maßstabes nicht sinnvoll.

#### Verwaltungsgrenzen des HAÖ

Nachdem die Kartentafeln des HAÖ als Rahmenkarten konzipiert sind, ist eine eindeutige Abgrenzung des Staatsgebietes erforderlich. Bei der Verwendung einer Liniensignatur als Grenzlinie, kann das Bundesgebiet nicht deutlich genug vom Ausland abgegrenzt werden. Die Unterscheidbarkeit wird zwar durch die gedämpfte Darstellung der Situation und der Geländedarstellung im Ausland unterstützt, den gewünschten Effekt brachte aber erst die Kombination der Liniensignatur mit einem Grenzband.

Ein beträchtlicher Anteil der Grenzen zu den Nachbarstaaten und zwischen den Bundesländern innerhalb Österreichs wird durch Flüsse gebildet. Die kombinierte Darstellung der Gewässer, der Grenzsignatur und des Grenzbandes schien in diesen Bereichen graphisch nicht sinnvoll. Deshalb wurde an diesen Stellen auf die Grenzsignatur verzichtet. Generell ist diese Vorgangsweise unüblich, für den HAÖ war sie jedoch aus graphischen Gründen notwendig. Auf die Visualisierung der EU-Außengrenzen wurde verzichtet.

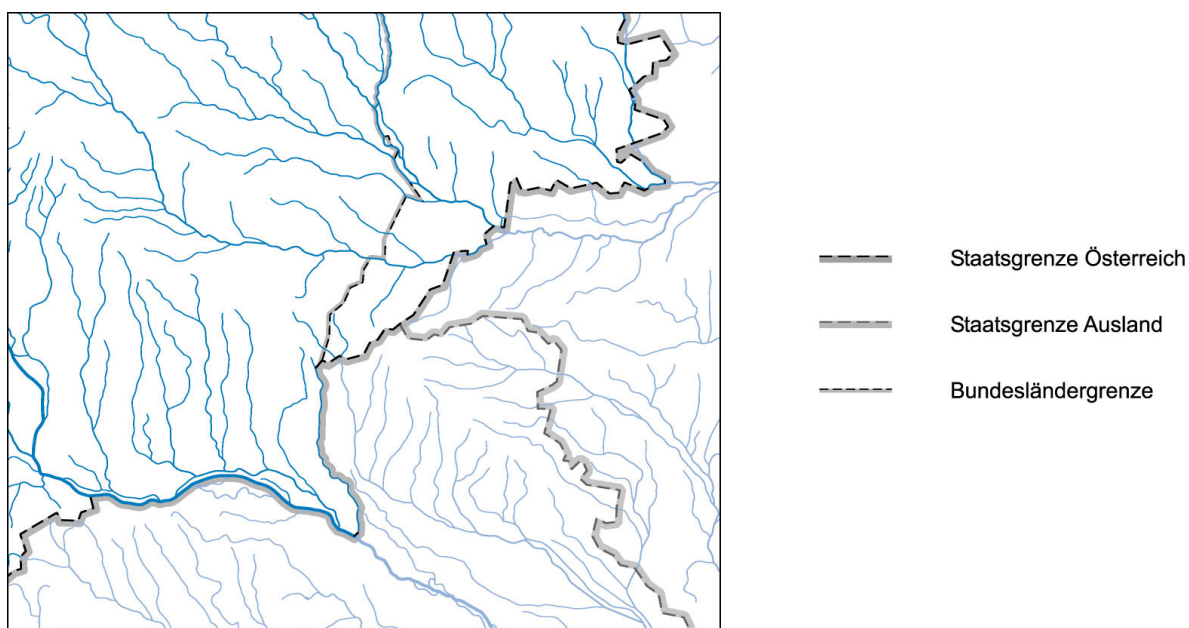


Abb. 29: Darstellung der politischen Grenzen im HAÖ (MS 1 : 1 000 000).

### 5.3.5 Namengut

Als erläuterndes Element ist das Namengut ein unentbehrlicher Teil jeder Karte. Es ermöglicht die eindeutige Identifizierung von Objekten. Für hydrologische Karten sind dabei natürlich die Gewässernamen von besonderer Bedeutung. Alle anderen Beschriftungen sollten stark in den Hintergrund rücken, um die Lesbarkeit der eigentlichen Thematik nicht zu beeinträchtigen.

Um die klare Identifizierung zu gewährleisten, müssen gewisse Standards eingehalten werden. Dazu gehören:<sup>95</sup>

- die unveränderte Übernahme amtlicher geographischer Namen
- die Verwendung geographischer Namen in standardisierter Schreibweise
- die Unbedingte Beibehaltung von Beifügungen bei gleich lautenden geographischen Namen (z.B. Bruck an der Mur, Bruck an der Leitha).

Für die Festlegung der geographischen Namen in Österreich gibt es unterschiedliche Zuständigkeiten. Es muss zwischen „amtlichen“ und „nicht amtlichen“ Namen unterschieden werden. Für amtliche Namen muss es eine eindeutige Zuständigkeit und einen Beschluss einer Körperschaft (z.B. Nationalrat, Landtag, Gemeinderat) geben. Amtlich sind Namen administrativer Einheiten, von Ortschaften und Ortschaftsbestandteilen oder von Verkehrsflächen. Als Nichtamtliche Namen gelten Gewässer-, Gebirgs-, Berg- und Landschaftsnamen. Deren Namensfestlegung erfolgt gemäß der Ortsüblichkeit bzw. des tatsächlichen Namengebrauches.<sup>96</sup>

#### 5.3.5.1 Gewässernamen

Geographische Namen werden heute in Namendatenbanken abgespeichert. In Österreich gibt es eine Reihe toponymischer Datenbanken, die Gewässernamen enthalten. Neben österreichweiten Datenbanken, wie GEONAM vom BEV oder dem „Flächenverzeichnis der Österreichischen Flussgebiete“ des HZB, gibt es auch bundesländerweite Namendatenbanken, wie jene der Salzburger Ortsnamenkommission (SONK) oder des Steiermärkischen Landesarchiv (STLA).

---

<sup>95</sup> Kretschmer & Stani-Fertl, 2008.

<sup>96</sup> Kretschmer & Stani-Fertl, 2008.

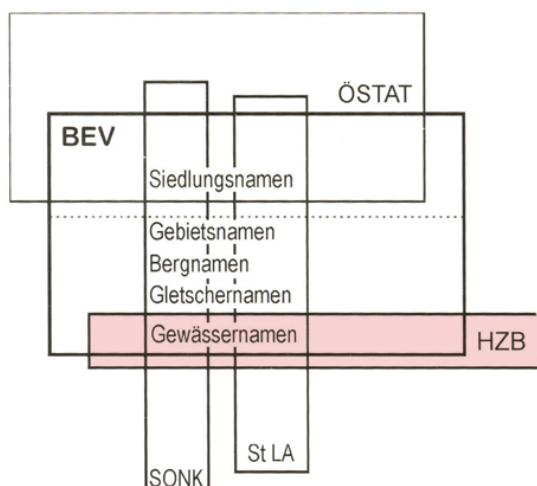


Abb. 30: Gemeinsamkeitsbereiche toponymischer Datenbanken in Österreich<sup>97</sup>

### Bundesweite Namendatenbanken

In Österreich unterhält das HZB eine umfassende Datenbank, die sich ausschließlich mit den Gewässern Österreichs beschäftigt. Die wesentliche Aufgabe des „Flächenverzeichnis der österreichischen Flussgebiete“ besteht in der Aufgliederung des Gewässernetzes und der Festlegung der Einzugsgebietsgrenzen bis herab zu einer Flächengröße von etwa 1 km<sup>2</sup>. Jedem Einzugsgebiet ist ein Gewässername zugeordnet, soweit dies aus alten Unterlagen, aus der ÖK50 und zum Teil auch aus eigenen Erhebungen entnommen werden kann.

FLÄCHENVERZEICHNIS ÖSTERREICHISCHER FLUSSGEBIETE: DONAUGEBIET VOM INN BIS ZUR ENNS										SEITE 65				
Nummer der Ordnung							GEBIET			Fläche [km <sup>2</sup> ] des Gebietes der Ordnung				
1	2	3	4	5	6	7	7	6	5	4	3	2	1	
2	122	154	13	0	0	0	Schwaigerbach - vom Mernbach bis zur Mündung in die Traun	.	.	.	0,9	.	.	.
							<b>Schwaigerbach:</b>	.	.	.	.	52,0	.	.
2	122	155	0	0	0	0	Traun - vom Schwaigerbach bis zur Alm	.	.	.	.	11,1	.	.
							<b>Alm</b>							
2	122	156	1	0	0	0	Aagbach - bis zum Kolmkarbach	.	.	.	13,5	.	.	.
							<b>Kolmkarbach</b>							
2	122	156	2	1	0	0	Kolmkarbach - bis zum Sulzgraben	.	.	13,3	.	.	.	.
2	122	156	2	2	0	0	<u>Sulzgraben</u> - rechter Zubringer zum Kolmkarbach	.	.	2,8	.	.	.	.
2	122	156	2	3	0	0	Kolmgrabenbach - vom Sulzgraben bis zur Mündung in den Aagbach	.	.	3,3	.	.	.	.
							<b>Kolmkarbach:</b>	.	.	.	19,4	.	.	.
2	122	156	3	0	0	0	Aagbach - vom Kolmkarbach bis zur Mündung in den Almsee	.	.	.	3,6	.	.	.
2	122	156	4	0	0	0	Almsee - von der Mündung des Aagbaches nach rechts bis zum Seeausfluss	.	.	.	2,1	.	.	.
2	122	156	5	0	0	0	Almsee - von der Mündung des Aagbaches nach links bis zum Ausfluss	.	.	.	1,9	.	.	.
2	122	156	6	0	0	0	<u>Almsee</u> - Seefläche	.	.	.	0,9	.	.	.
2	122	156	7	0	0	0	Alm - vom Seeausfluss bis zum Weißeneggbach	.	.	.	0,0	.	.	.

Abb. 31: Auszug aus dem hydrographischen Flächenverzeichnis.<sup>98</sup>

<sup>97</sup> Modifiziert entnommen aus: Meckel, 1997.

<sup>98</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2002.

Mit den somit 13.000 gewonnenen Namen und dem dazugehörigen zehnstelligen, hierarchisch gegliederten Zifferncode, können die Einzugsgebiete und somit auch die Gewässerabschnitte eindeutig identifiziert werden.

Neben der ausschließlich auf Gewässer bezogenen Datenbank des HZB, liefert das „Digitale Landschaftsmodell“ des BEV einen umfassenden Datenbestand über den Inhalt der ÖK50. Der Objektbereich Namen (GEONAM) enthält mehr als 215 000 geographische Namen, die in den staatlichen Kartenwerken Österreichs enthalten sind. Die Namen werden auf Basis des Kartographischen Modells 1 : 50 000 mit einem koordinativen Lagebezug und Attributen versehen.

### **Bundesländerweite Namendatenbanken**

Eine bundeslandweite Namendatenbank wird von der Salzburger Ortsnamenkommission (SONK) geführt. Aufgabe der SONK ist die Sammlung, Bearbeitung und Bereitstellung von Informationen des geographischen Namenguts im Bundesland Salzburg. Davon sind neben Siedlungsnamen, Gebiets-, Tal- Flur-, Hügel-, Berg- und Gebirgsnamen, sowie sonstige geographische Namen, auch Gewässer- und Gletschernamen betroffen. Die Datenbank umfasst ca. 35.000 verortete Namen. In der Steiermark führt das Steiermärkische Landesarchiv eine etwa 15.000 Namen umfassende Datenbank. Sie enthält Namen aller Kategorien und vermittelt bei topographisch ausgerichteten Recherchen einen guten Zugang zu archivierten Dokumenten, Bildern und Karten.<sup>99</sup>

#### 5.3.5.2 Siedlungsnamen

Siedlungsnamen wurden vom „Österreichischen Statistischen Zentralamt“ (ÖSTAT), heute „Statistik Austria“, im Rahmen der Volkszählungen in Zusammenarbeit mit den Gemeinden erfasst. Die im Ortsverzeichnis abgespeicherten Namen, werden vom BEV in der GEONAM-Datenbank abgelegt und in die amtlichen Kartenwerke übernommen.

Wie bereits erwähnt, sind die Namen der Orte und Siedlungen im Ortsverzeichnis der Statistik Austria eindeutig festgelegt. Siedlungsnamen sind amtliche Namen. Das bedeutet, dass die Schreibweise der Namen nicht verändert werden darf und die Namen mit all ihren Zusätzen übernommen werden müssen.

---

<sup>99</sup> Meckel, 1997.

### 5.3.5.3 Mehrnamigkeit geographischer Objekte

In der kartographischen Praxis führt die Mehrnamigkeit von geographischen Objekten oft zu redaktionellen Problemen. Das heißt, für viele topographische Objekte liegen, neben den in der vor Ort gesprochenen Sprache, weitere Namenformen vor.

**Endonym:** *Der Name in der vor Ort gesprochenen Sprache, ungeachtet der Schrift in der er geschrieben wird.*

**Exonym:** *In einer bestimmten Sprache verwendeter Name für ein topographisches Objekt, das außerhalb des Gebietes liegt, in dem diese Sprache offiziellen Status hat.*

Die Vereinten Nationen empfehlen die Verwendung von Endonymen, nach der Maxime „Ein Objekt – ein Name“. Andererseits sind Exonyme Teil des lebendigen Wortschatzes sowie des Kultur- und Bildungsgutes einer Sprache und spielen in der Raumkommunikation eine bedeutende Rolle, da vielen Nutzern die Endonyme oft nicht bekannt sind.<sup>100</sup>

Stani-Fertl hat sich mit der Verwendung von Exonymen und Endonymen in der Kartographie eingehend beschäftigt und nennt für deren Gebrauch drei bedeutende Aspekte die berücksichtigt werden müssen:<sup>101</sup>

#### **Publikationsform:**

Ein wesentliches Kriterium stellt die Zielsetzung und Ausrichtung der Publikation dar. Fasst man Publikationen, in denen geographische Namen auftreten, zu Gruppen zusammen, kann aufgrund der grundlegenden Ausrichtung der Publikation auf die Verwendung von Exonym oder Endonym geschlossen werden. So werden Exonyme in Lehrmitteln und Massenmedien bevorzugt eingesetzt, während man für Gebrauchskarten oder Nachschlagewerke auf Endonyme setzt.

#### **Zielpublikum:**

Handelt es sich um eine Veröffentlichung innerhalb einer Sprachgemeinschaft, sollten Exonyme bevorzugt werden, bei einem internationalen Leserkreis jedoch die ortsübliche

---

<sup>100</sup> Kretschmer & Stani-Fertl, 2008.

<sup>101</sup> Stani-Fertl, 2001.

Namensform. Setzt sich das Zielpublikum mehrheitlich aus Fachleuten und Experten zusammen, sind Endonyme zu bevorzugen, während für einen breit gestreuten Leserkreis eher verständliche, zugängliche Namensformen, also Exonyme, benutzt werden sollten.

### **Regionale Aspekte:**

Die Verwendung von Exonymen ist stark von regionalen Aspekten abhängig. Exonyme, die in grenznahen Gebieten verwendet werden, sind in grenzfernen Gebieten oft unbekannt oder außer Gebrauch.

Für die Entscheidung über die Verwendung von Exonymen oder Endonymen müssen vor allem der Produkttyp und die Publikationssprache berücksichtigt werden. Soll ein internationales Publikum angesprochen werden, sollten Endonyme verwendet werden, sonst entscheidet in der Regel die Publikationssprache des Produkts. Für mehrsprachige Printmedien regeln die verwendeten Publikationssprachen den notwendigen Einsatz von Exonymen. Für einen zweisprachigen Atlas mit den Publikationssprachen Deutsch und Englisch, sollten somit deutsche und englische Exonyme verwendet werden.<sup>102</sup>

#### **5.3.5.4 Neue Rechtschreibung**

Die deutsche Rechtschreibreform hatte klarerweise auch Auswirkungen auf die Schreibweise der geographischen Namen in Österreich. Die Arbeitsgemeinschaft für Kartographische Ortsnamenkunde (AKO) hat sich mit dieser Problematik intensiv befasst und Richtlinien erarbeitet, nach denen vorzugehen war. Demnach ist von der Rechtschreibreform nur das nicht amtlich festgelegte Namengut betroffen. Darunter fallen die Landschafts-, Berg-, und Gewässernamen und die deutschen Exonyme. Siedlungsnamen, Namen von Katastralgemeinden, Verwaltungsgebieten und Straßennamen sind amtlich festgelegte Namen und somit von der Rechtschreibreform nicht betroffen.<sup>103</sup>

Für den Hydrologischen Atlas mussten vor allem die Gewässernamen genau unter die Lupe genommen und auf die neuen Rechtschreibregeln überprüft werden. Dabei war vor allem auf die ß/ss – Schreibung zu achten. In Hinkunft wird nach langem Vokal und Diphthong ß, nach Kurzvokal ss geschrieben. Betroffene Gewässer waren etwa der

---

<sup>102</sup> Kretschmer & Stani-Fertl, 2008.

<sup>103</sup> Pohl, 1997.

Russbach, die Lassnitz oder der Sassbach, die nunmehr mit ss statt ß geschrieben werden. Die unterschiedliche Behandlung von Gewässernamen und Siedlungsnamen führt dazu, dass das Gewässer Lassnitz mit ss geschrieben wird, wogegen die Siedlung „Laßnitz“ ihre Schreibweise nicht ändert.

Neben der ß/ss – Schreibung muss auch die Getrennt-, Zusammen- und Bindestrichschreibung erwähnt werden. Dem Duden zufolge werden Ableitungen, die auf –er enden, zusammengeschrieben, wenn sie Personen bezeichnen, und getrennt geschrieben, wenn sie die geographische Lage bezeichnen. Als Beispiel dient der Hallstätter See, dessen Name vom Ort Hallstatt abgeleitet wird und deshalb auseinander geschrieben wird. In Österreich kommt es immer wieder zu Abweichungen von der Regel, da neben der orthographischen auch die traditionelle Schreibung verwendet wird. Deshalb wird auch weiterhin „Wienerwald“ statt „Wiener Wald“ geschrieben.<sup>104</sup>

#### 5.3.5.5 Visualisierung des Namengutes

Bei der Visualisierung des Namengutes durch die Kartenschrift (Buchstaben, Zahlen), können durch deren graphische Variation, quantitative oder qualitative Eigenschaften erkennbar gemacht werden. Qualitative Eigenschaften werden durch Variation der Schriftart, des Schriftschnitts oder der Schriftfarbe angezeigt, quantitative Eigenschaften durch die Variation der Schriftgröße.

Die Schriftart bestimmt das Gesamtbild, die Lesbarkeit und die ästhetische Wirkung. Schriftartunterscheidungen können zur Kennzeichnung unterschiedlicher Objektklassen verwendet werden. Es können keine Regeln für den Einsatz von Schriftarten in Karten aufgestellt werden, da sie sehr zeitgeistabhängig sind und sich dieser ständig verändert. Mindestanforderung sind jedoch Lesbarkeit (Minimaldimensionen), Unterscheidbarkeit, Druckneigung und die Möglichkeit zur Verwendung in Bildschirmkarten. Mit dem Schriftschnitt könne durch Veränderung der Schriftdicke oder der Schriftneigung Bedeutungen, Mengen oder Werte unterschieden werden. Bei Gewässernamen wird die Schriftfarbe an das Kartenelement angeglichen, um die Zuordnung zu erleichtern. Ferner ist die Lesbarkeit der Kartenschrift abhängig vom Kontrast von Buchstaben und Hintergrund. Mit dem Schriftgrad werden quantitative Differenzierungen vorgenommen, einschließlich einer Abstufung nach Bedeutung und Menge.<sup>105</sup>

---

<sup>104</sup> Pohl, 1997.

<sup>105</sup> Gartner, 1997.

Die folgende Tabelle zeigt verschiedene Objekttypen mit ihren zugeordneten Kartenschriften. Durch Variation in Schriftschnitt, Schriftfarbe und Schriftgrad können die Objekttypen eindeutig unterschieden werden. Es wurde nur eine einzige Schriftart verwendet.

Tab. 4: Im HAÖ verwendete Kartenschriften

<b>SCHWEIZ</b>	Staat
<b>Salzburg</b>	Bundesland
<b>BREGENZ</b>	Landeshauptstadt
<b>Gmunden</b>	Bezirkshauptstadt
<b>Mariazell</b>	sonstige Ortschaft
<b>Hochschwab</b>	Gebirgsgruppe
<b>Großglockner</b>	Gipfel
<i>Brenner</i>	Pass
<i>Inn</i>	Gewässer



## 6 Kartographische Visualisierung - Fachdaten

In Kapitel 6 werden Spezialfragen der Fachdatenvisualisierung beantwortet. Es beschäftigt sich mit den bevorzugten kartographischen Gestaltungsmittel für hydrologische Daten, mit Pegelsignaturen als speziellen Signaturensatz für die Hydrologie und mit der Visualisierung der Saisonalität hydrologischer Größen. Ferner wird über die wichtigste graphische Variable „Farbe“ diskutiert, welche Komplexität hydrologische Karten aufweisen und was bei der Kombination von Gestaltungsmittel berücksichtigt werden muss.

### 6.1 Kartographische Gestaltungsmittel und graphische Variable

Für die Fachdatenvisualisierung diskreter Phänomene wird auf die graphischen Grundelemente Punkt, Linie und Fläche zurückgegriffen, auf Signaturen, Diagramme und auf die Kartenschrift. Die kartographischen Gestaltungsmittel sind wiederum den graphischen Variablen unterworfen. Mit der graphischen Variation bezüglich der Form, Größe, Farbe, Richtung (Orientierung), Tonwert (Helligkeit) und Muster (Füllung) können die Gestaltungsmittel unterschiedliche Qualitäten und Quantitäten ausdrücken.

*Variable haben „assoziative Eigenschaften [...], wenn die durch sie variierten Zeichen trotz ihrer optischen Unterschiede als homogen wahrgenommen werden. Selektive Eigenschaften [...] von Variablen liegen vor, wenn Zeichen einer Kategorie von Zeichen anderer Kategorien isoliert werden können. Variable mit ordnenden Eigenschaften [...] erlauben dagegen die Wahrnehmung eindeutiger Reihenfolgen von Zeichenkategorien sowie deren Vergleich unabhängig von einer Zeichenerklärung. Bei quantitativen Eigenschaften [...] einer Variablen lassen sich Relationen zwischen Zeichen durch numerische Verhältnisse bestimmen (Proportionen) und Zeichen mit vergleichbaren quantitativen Abständen untereinander zu Gruppen zusammenfassen“.*<sup>106</sup>

Für die Hydrologie sind nicht alle Gestaltungsmittel und graphischen Variablen gleich bedeutend. Aufgrund der bereits erwähnten Eigenschaften hydrologischer Daten stehen als Gestaltungsmittel Positionssignaturen, Diagramme sowie Liniensignaturen im Vordergrund. Die wichtigste graphische Variable sind Farbtöne mit ihren assoziativen Eigenschaften (Kapitel 6.3).

---

<sup>106</sup> Bollmann & Koch, 2001, S. 350.

Nach Art und Abgrenzung ihres Vorkommens lassen sich Objekte (Gegenstände und Sachverhalte) in Diskreta und Kontinua unterscheiden.

### 6.1.1 Diskreta

Diskreta lassen sich eindeutig gegen andere Objekte abgrenzen, die geometrische Information liegt in der Beschreibung dieser Abgrenzung.<sup>107</sup>

#### 6.1.1.1 Punkte

Punkte sind als Gestaltungsmittel wenig aussagekräftig. Sie können lediglich die Lage eines Objektes angeben. Zur Unterscheidung von Objektqualitäten ist nur die Variation mit der Farbe möglich. In Verbindung mit der Kartenschrift können auch Quantitäten ausgedrückt werden.

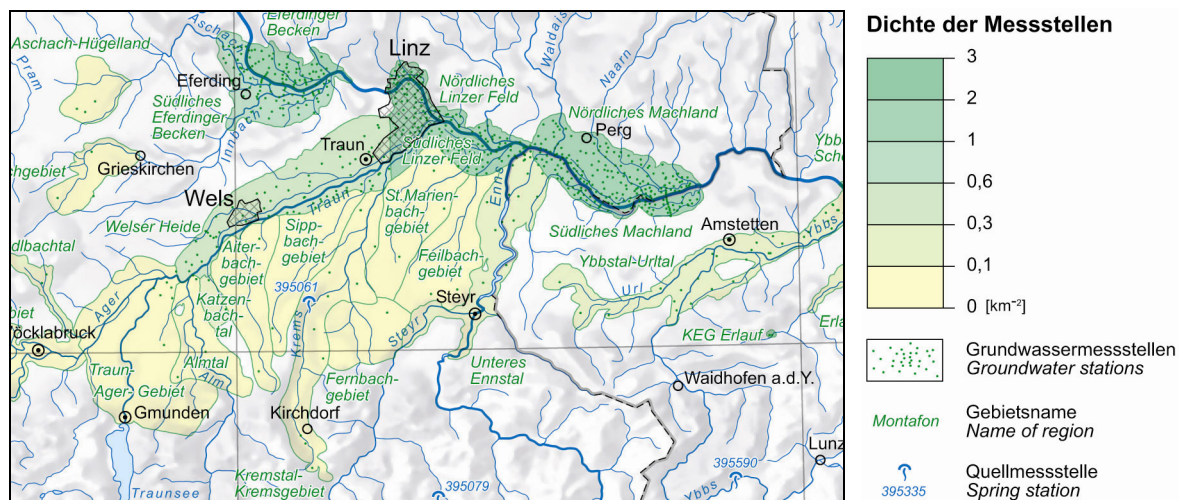


Abb. 32: Verwendung von Punkten zur Darstellung der Grundwassermessstellen<sup>108</sup>

#### 6.1.1.2 Linien

Linien sind alle nicht unterbrochenen Striche, die eine Lage angeben. Das Gestaltungsmittel Linie spielt in der Hydrologie eine bedeutende Rolle, da das Gewässernetz linienhaft dargestellt wird und die gemessenen Daten auf die Linie bezogen dargestellt werden können.

<sup>107</sup> Hake, Grünreich & Meng, 2002, S. 119-120.

<sup>108</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2003, Kartentafel 6.1.

Die graphische Variation ist nach der Farbe zur Angabe von Qualitäten, oder durch die Größe, zur Angabe von Quantitäten, möglich. Zusätzliche quantitative oder qualitative Angaben benötigen weiter Gestaltungsmittel wie Schrift oder Signaturen. Mit Linien können diskrete Objekte wie das Gewässer angegeben werden, oder gleiche Werte in einem Kontinuum verbunden werden, etwa Hydroisohypsen als Linien gleicher Grundwasserspiegelhöhe oder Isochionen als Linien gleicher Schneegrenzhöhe.<sup>109</sup>

Unterschiedliche Qualitäten werden vor allem durch die Variation der Farbe oder der Form wiedergegeben. Das folgende Beispiel aus dem HADES zeigt den natürlichen Zustand der Gewässer durch die Variation der Farbe.

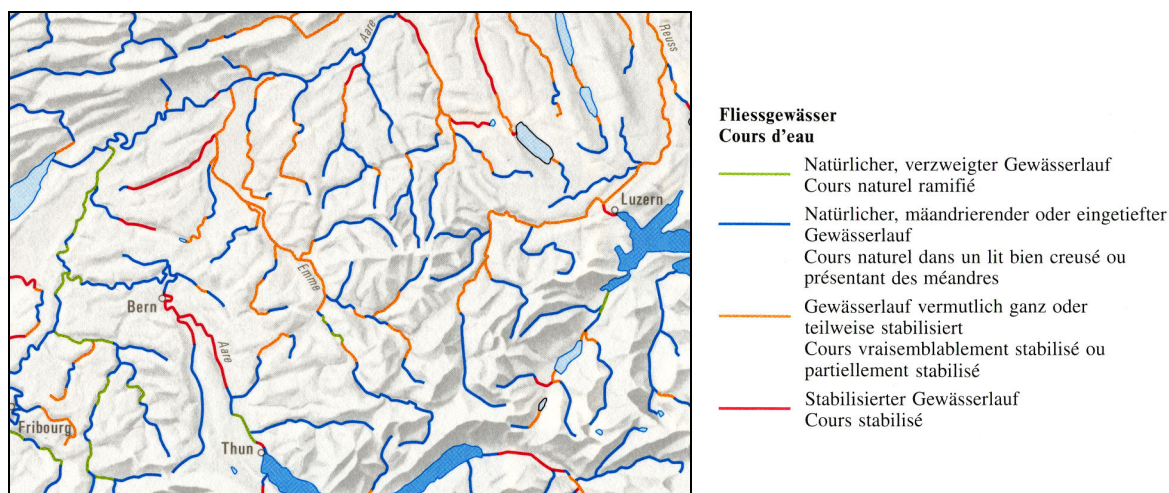


Abb. 33: Verwendung von Linien zur qualitativen Unterscheidung der Fließgewässer.<sup>110</sup>

### 6.1.1.3 Fläche

Die graphische Variation von Vollflächen ist nach Farbton, Tonwert Flächenraster und Flächenmuster möglich. Mit der Fläche werden Angaben zur Lage und Qualität gemacht (Objektflächen oder Verbreitungsflächen) oder flächenbezogene Quantitäten angegeben (Bezugsflächen).

### Objektflächen

Bei der Darstellung von Objektflächen wird das Vorkommen der Objekte in eindeutiger Weise wiedergegeben. Jedes Objekt tritt ausschließlich auf. Solche Objektflächen werden mit Linien oder Liniensignaturen grundrisstreu oder grundrissähnlich abgegrenzt und die

<sup>109</sup> Hake, Grünreich & Meng, 2002.

<sup>110</sup> Entnommen aus: BAFU, 1995, Kartentafel 5.5.

Flächen mit Flächensignaturen belegt. Flächensignaturen sind mit Linien- und Positionssignaturen gut kombinierbar, daher können mehrschichtige Karten erzeugt werden. Das folgende Beispiel zeigt einen Ausschnitt aus der Karte „Hydrogeologie“ aus dem HAÖ. Neben dem Hauptthema „Aquifertypen und Lithologie“ (Flächensignaturen) werden zusätzlich Themen wie „Tektonische Linien“ (Liniensignaturen) und „Quellen“ (Positionssignaturen) dargestellt, ohne das Hauptthema zu belasten.

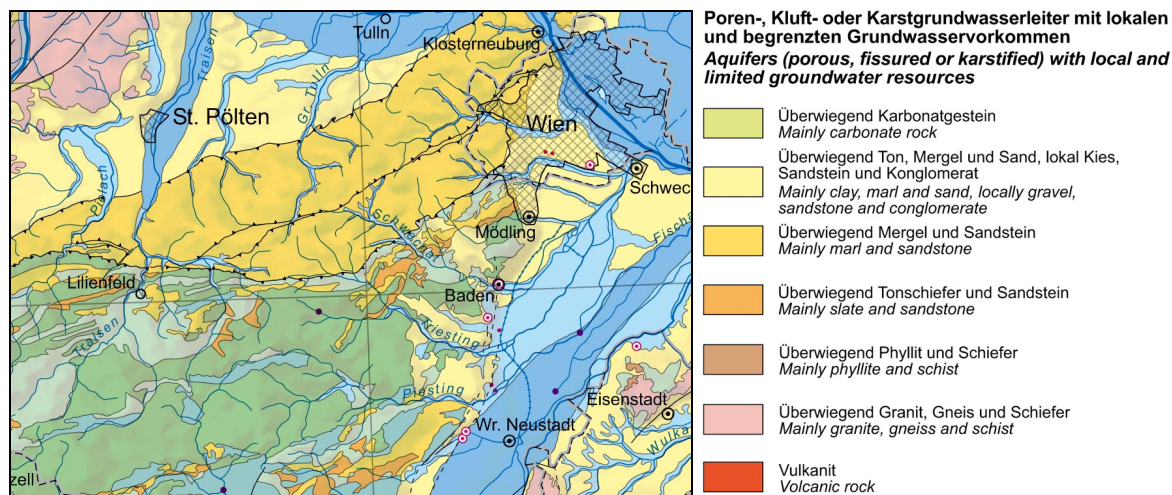


Abb. 34: Verwendung farbvariiertes Flächen zur Darstellung von Grundwassergebieten<sup>111</sup>

### Verbreitungsflächen

Verbreitungsflächen stellen die Fläche dar, über die sich ein Objekt (z.B. Tierart oder Sprache) verbreitet. Es werden relative Vorkommen angegeben, wodurch es auch zu Überlappungen kommen kann (mehrere Sprachen in einem Gebiet). Verbreitungsflächen spielen in der Hydrologie keine große Rolle.

### Bezugsflächen

Eine Bezugsfläche ist eine Flächeneinheit auf die sich wiedergegebenen Werte in Flächenkartogrammen beziehen. In Flächenkartogrammen werden vorwiegend statistische Werte in relativer Darstellung abgebildet. Nach der Art der Abgrenzung können geographische, administrative oder geometrische Bezugsflächen unterschieden werden.

In der Hydrologie werden Darstellungsmethoden verwendet, die Flächenkartogrammen sehr ähnlich sind. Dabei werden punktuelle Messdaten auf eine Fläche bezogen

<sup>111</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2005, Kartentafel 1.3.

visualisiert. Als Bezugsflächen (Betrachtungsflächen) werden vorwiegend Flusseinzugsgebiete zur Darstellung verwendet. Das Einzugsgebiet, als quasi kleinste Einheit eines Flusssystems, hat für die Hydrologie große Bedeutung. Viele hydrologische Größen, die später Eingang in hydrologische Modelle finden, werden auf Einzugsgebietsbasis ermittelt. Dazu gehören die morphologischen, geologischen, pedologischen und geobotanischen Eigenschaften von Einzugsgebieten, die insbesondere bei der Hochwasseranalyse und -vorhersage oder bei der Modellierung des Stoffhaushaltes von Flusseinzugsgebieten, benötigt werden.

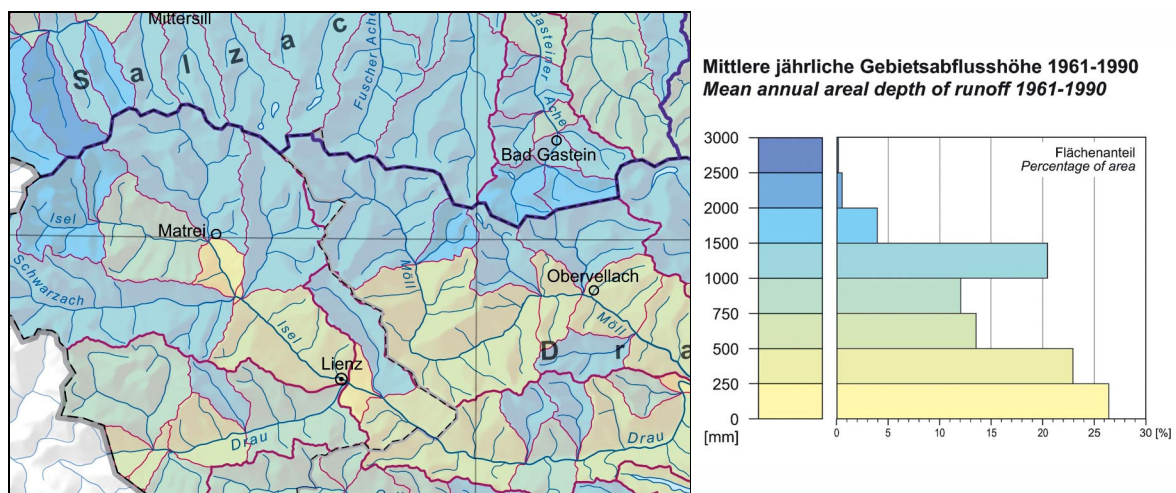


Abb. 35: Verwendung von Einzugsgebieten als Bezugsfläche (Betrachtungsfläche)<sup>112</sup>

Geometrische Bezugsflächen entstehen durch die Festlegung eines regelmäßigen Netzes, meist in Anlehnung an das Koordinatensystem der Landesvermessung. Sie haben den Vorteil, dass räumliche Vergleiche durch gleich große Flächen begünstigt werden. Bei der Verwendung von diesen Rastern muss darauf geachtet werden, dass die Größe und Lage der Rasterflächen, das Ergebnis beeinflussen kann.

Neben der Wahl der Bezugsfläche, ist die Bildung der Wertgruppen entscheidend für die Qualität dieser, Flächenkartogrammen sehr ähnlichen, Darstellung. Bei der Abgrenzung der Wertgruppen kann nach unterschiedlichen Methoden vorgegangen werden. Die allgemeine Methodenlehre unterscheidet folgende Stufen:<sup>113</sup>

- Sinngruppen
- Häufigkeitsgruppen
- mathematische Regeln

<sup>112</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2005, Kartentafel 5.7.

<sup>113</sup> Hake, Grünreich & Meng, 2002, S. 478-479.

In der Hydrologie wird vorwiegend nach mathematischen Regeln gruppiert, da es meist keine Gründe für die Festlegung der Schwellenwerte nach Sinngruppen oder Häufigkeiten gibt. Bei der Klassifizierung nach mathematischen Regeln können äquidistante Reihen (konstante Intervallbreite aller Wertgruppen), geometrische Reihen (konstante Zahlenverhältnisse zwischen den Grenzwerten) oder Quantile (gleiche Anzahl in jeder Wertgruppe) verwendet werden. Je nach Thematik werden in der Hydrologie vorwiegend äquidistante oder geometrische Reihen zur Bildung der Wertgruppen eingesetzt.

#### 6.1.1.4 Signaturen

Signaturen können allen graphischen Variationen unterzogen werden, und gehören deswegen zu den wichtigsten Gestaltungsmitteln der Kartographie. Sie können alleine stehen oder in Verbindung mit anderen Gestaltungsmitteln auftreten. Nach Geometrie der Daten können Positionssignaturen, Liniensignaturen oder Flächensignaturen unterschieden werden.

#### **Positionssignaturen**

Für die Visualisierung der Messstationen werden Positionssignaturen verwendet. Bei den Messstationen handelt es sich um Objekte, die maßstabsbedingt nicht grundrißtreu oder – ähnlich darstellbar sind. Sie erscheinen lagetreu als quasi punktförmige Objekte. Als Gestaltungsmittel für solche lokalen diskreten Objekte eignen sich Positionssignaturen. Die allgemeine Methodenlehre unterscheidet bildhafte, symbolhafte oder geometrische Signaturen.<sup>114</sup>

- Bildhafte Signaturen (Bildsignaturen) werden vom Aussehen des Objektes abgeleitet. Es entstehen Grundriss-, Aufriss-, oder Schrägbilder von Objekten die sich durch hohe Assoziationsfähigkeit auszeichnen. Sie sollten vor allem für reale, körperhafte Objekte verwendet werden, z.B. für Bäume, Häuser, usw.
- Symbolhafte Signaturen (Symbole) sind typische und allgemeinverständliche abstrahierte Sinnbilder der Objekte, z.B. Blitzzeichen für Hochspannung.
- Geometrische, abstrakte Signaturen sind geometrische Formen. Ihr Vorteil liegt in der klaren Formgebung, der Gruppen- und Kombinationsfähigkeit und der großen Variationsvielfalt. Nachteilig wirkt sich die geringe Anzahl von Grundformen aus. Verwendet werden vor allem Kreis, Quadrat, Rechteck und Dreieck.

---

<sup>114</sup> Hake, Grünreich & Meng, 2002, S.123.

Für die Verwendung von bildhaften, symbolhaften oder geometrischen Signaturen gibt es keine festen Vorschriften. Die Entscheidung hängt „von der Art der Objekte, von der Häufigkeit ihres Auftretens, von den Kartenmaßstäben und [...] vom Benutzerkreis der Karten“ ab. Darüber hinaus spielt die Anzahl der Objektgattungen und der Objekte eine große Rolle. Bei wenigen Objektgattungen und großer Anzahl von Objekten sind geometrische Signaturen zu bevorzugen, während bei vielen Objektgattungen und kleiner Anzahl von Objekten bildhafte Signaturen verwendet werden sollten, wenn dies der Nutzerkreis zulässt.<sup>115</sup>

### Darstellung von Qualitäten

In der Hydrologie wird für die Darstellung der Wasserstands- und Abflussmessstellen ein eigener Zeichensatz, die Pegelsignaturen verwendet (siehe Kapitel 6.2). Für die Visualisierung anderer Messstellennetze gibt es keine speziellen Signaturen. Verwendet werden geometrische Positionssignaturen. Die Qualität wird durch Variation der Form, des Farbtons und der Richtung angegeben.

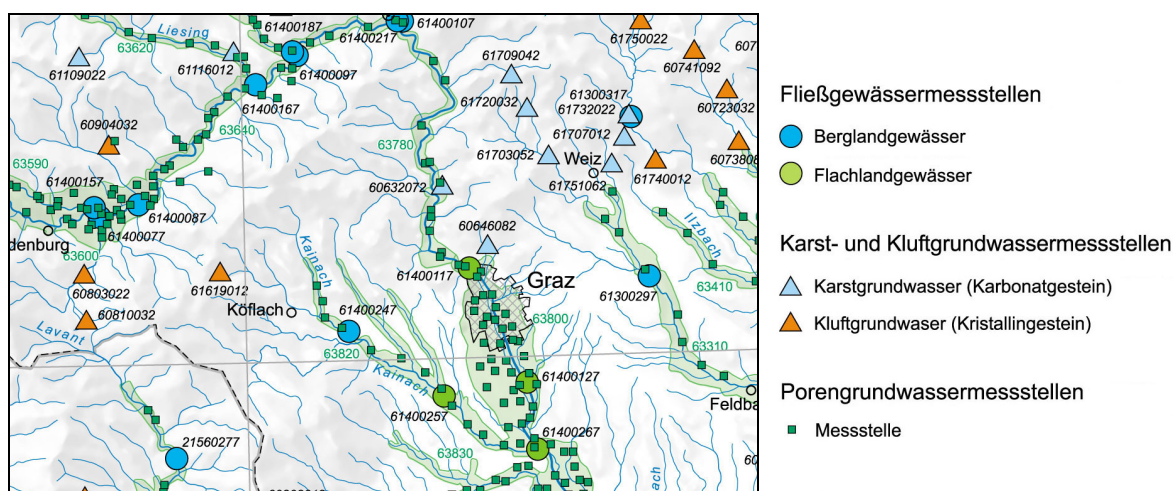


Abb. 36: Geometrischen Positionssignaturen zur Darstellung der Gewässergütemessstellen<sup>116</sup>

### Darstellung von Quantitäten

Bei den an den Messstationen gemessenen Werten, handelt es sich um quantitative Aussagen. Die Daten werden punktbezogen gemessen und stellen den Wert an genau dieser Messstelle dar. Die Wiedergabe unterschiedlicher Quantitäten kann gestuft oder stetig vorgenommen werden kann.

<sup>115</sup> Imhof, 1972, S. 107-109.

<sup>116</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2003, Kartentafel 8.1.

Die gestufte Darstellung beruht auf dem sprunghaften Wechsel von Farbe, Größe, Füllung oder Form der Signatur. Dabei ist zu beachten, dass größere Werte auch größere Signaturrengewichte bzw. Farbgewichte erhalten. Für die gestufte Darstellung müssen Wertgruppen geschaffen werden. Sie sollten so gewählt werden, dass jeweils typische Bereiche gekennzeichnet werden.

Im folgenden Beispiel aus dem HADES wird die gemessene Neuschneehöhe dargestellt. Die 6 Wertgruppen werden durch eine Bildsignatur wiedergegeben. Durch die Größenvariation der Signaturen sind alle 6 Symbole klar unterscheidbar.

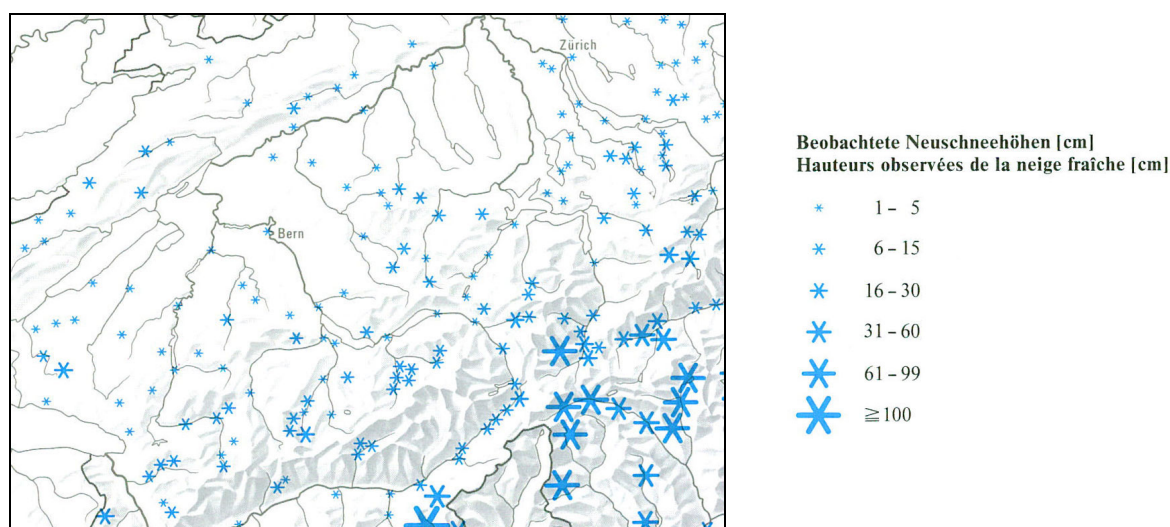


Abb. 37: Verwendung von gestuften Bildsignaturen zur Darstellung der Neuschneehöhe<sup>117</sup>

Bei der stetigen Darstellung wird die Signaturrengröße in Abhängigkeit zum Objektwert kontinuierlich verändert. Es werden vorwiegend geometrische Zeichen verwendet, da diese Signaturen messbar sein müssen. Die Größendarstellung kann ein-, zwei- oder quasi dreidimensional erfolgen.

Die Wahl des passenden Signaturenmaßstabs, ist entscheidend für die richtige Interpretation des Karteninhaltes. Die Minimalgröße ist durch Er muss einerseits groß genug sein um die Größenunterschiede wahrnehmen zu können, andererseits darf dabei aber nicht die Kartengraphik durch zu große Signaturen beeinträchtigt werden.

<sup>117</sup> Entnommen aus: BAFU, 1992, Kartentafel 3.2.



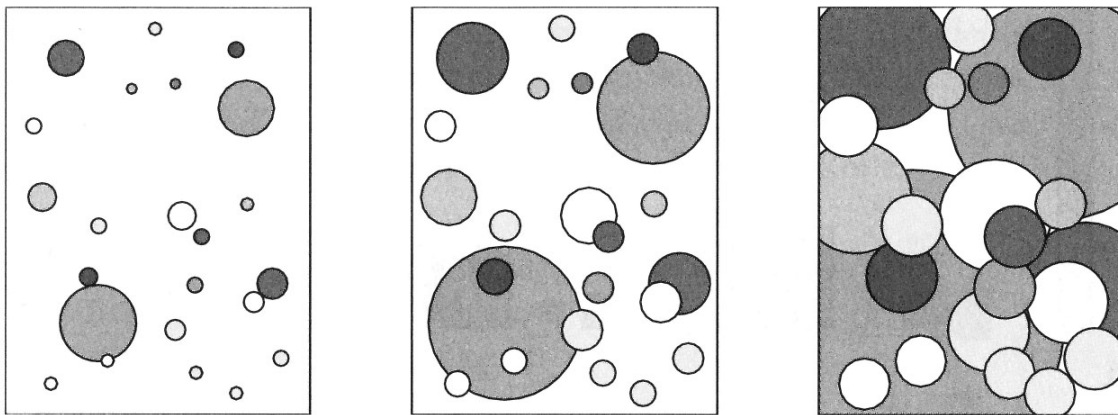


Abb. 38: Wahl des Signaturenmaßstabs: zu klein, richtig und zu groß.<sup>118</sup>

Zum visuellen Vergleich der Signaturen eignen sich eindimensional veränderte Zeichen besser als zwei- oder dreidimensional veränderte. Sie sind am eindeutigsten abschätzbar und können sehr gut abgemessen werden. Der Nachteil z.B. stabförmiger Signaturen liegt darin, dass bei großen Wertebereichen die Größenunterschiede der Signaturen stark differieren. Dadurch kann es bei einer Häufung großer Objektwerte sehr schnell zu unübersichtlichen Überlagerungen kommen.

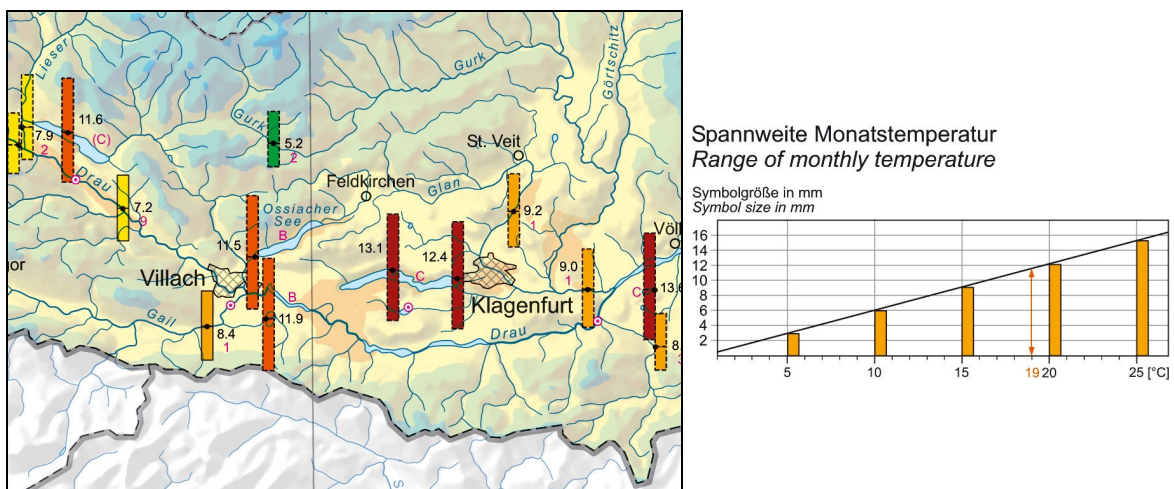


Abb. 39: Verwendung eines stetigen Signaturenmaßstabs zur Darstellung der Gewässertemperatur.<sup>119</sup>

Bei solchen Häufungen sind deshalb Formen, bei denen die Zahlenwerte proportional der Fläche oder dem Volumen der Signatur umgesetzt werden, vorzuziehen. Ferner können für große Wertebereichen auch logarithmische Signaturenmaßstäbe verwendet werden.

<sup>118</sup> Entnommen aus: Hake, Grünreich & Meng, 2002, S. 128.

<sup>119</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2005, Kartentafel 5.6.

Das folgende Beispiel zeigt die Karte der Wasserkraftwerke aus dem HAÖ. Dargestellt ist das Regelarbeitsvermögen der Kraftwerke in Gigawattstunden. Durch den großen Wertebereich von 10 GWh bis 2000 GWh ist eine flächen- oder volumensproportionale Werteumsetzung notwendig. Durch die Form der Signatur werden Lauf- von Speicherkraftwerken unterschieden.

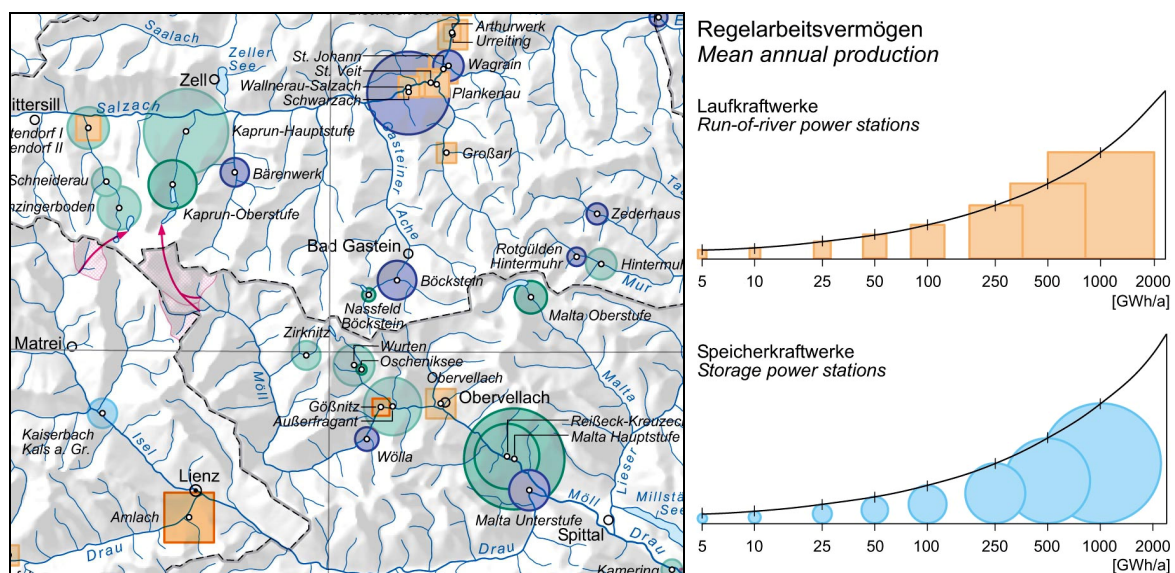


Abb. 40: Flächenproportionale Umsetzung der Werte zur Visualisierung des Regelarbeitsvermögens.<sup>120</sup>

Die geometrischen Zeichen „Kreis“ „Quadrat“ und gleichschenkeliges Dreieck sind für eine flächentreue Darstellung am besten geeignet, da sich die jeweiligen Flächen relativ einfach berechnen lassen. Kognitive Untersuchungen haben ergeben, dass sich Flächenunterschiede bei Quadraten am besten unterscheiden lassen. Die Abschätzung von Kreisflächen bzw. Dreiecksflächen dagegen ist schwieriger.

### Liniensignaturen

Treten Liniensignaturen in Verbindung mit dem Gestaltungsmittel Linie auf, geben die Linie die Lage (Geometrie) wieder und die Signaturen die Qualität. Treten sie ohne Linie auf, geben sie sowohl die Lage als auch die Qualität an.<sup>121</sup>

„Die wichtigste Gruppe der Liniensignaturen bilden die Objektlinien. Zu ihnen sind die linearen Grundrisselemente in topographischen Karten [...] wie Fließgewässer,

<sup>120</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2005, Kartentafel 9.1.

<sup>121</sup> Hake, Grünreich & Meng, 2002, S. 129.

Verkehrswege oder Leitungstrassen, aber auch Elemente thematischer Karten wie tektonische Lineamente, lineare geomorphologische Formtypen oder Wasserscheiden zu rechnen“. Zur graphischen Differenzierung kann die einfache "formlose" Linie nach der Breite (a), der Linienanzahl (b), der Linienform bzw. Linienart (c&d), der Linienfarbe oder nach der Linienhelligkeit variiert werden.<sup>122</sup>

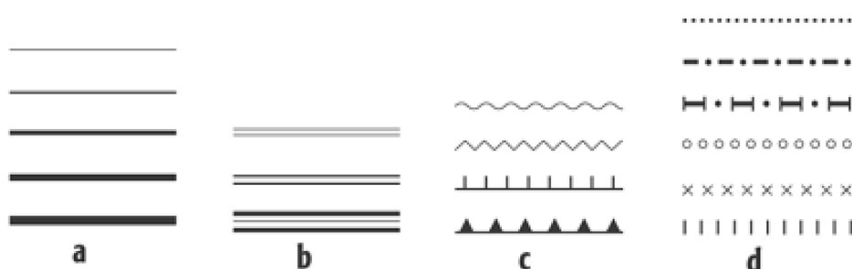
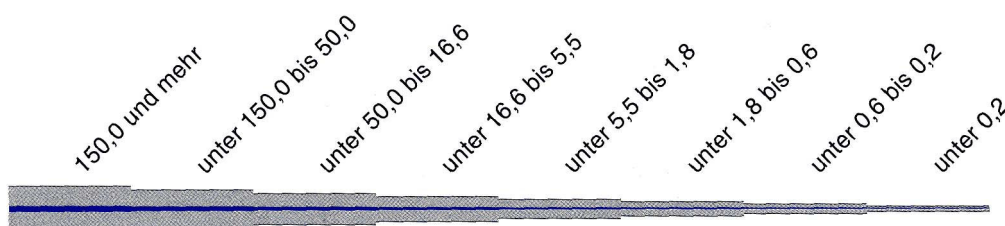


Abb. 41: Variationsmöglichkeiten von Liniensignaturen<sup>123</sup>

Die Darstellung von Quantitäten, die auf Linien bezogen sind, ist gestuft oder stetig möglich. Gestufte Darstellungen sind meist durch Variation der Breite, Form oder Füllung gekennzeichnet. Bei stetiger Wiedergabe werden die Liniensignaturen bis zu bandförmigen Darstellungen verbreitert. Das folgende Beispiel zeigt einen möglichen Signaturenmaßstab für Abflussmengen in gestufter Darstellung.

#### Abflussmaßstab für den mittleren Abfluss (MQ) in m<sup>3</sup>/s



Im folgenden Beispiel aus dem Hydrologischen Atlas der Bundesrepublik Deutschland werden die Hochwasser- und Niederwasserabflüsse mit Liniensignaturen dargestellt. Die Quantität wird durch die Variation der Breite und der Form der Signatur wiedergegeben, die Farbe gibt das Verhältnis von Hochwasserabfluss zum Niederwasserabfluss an.

<sup>122</sup> Bollmann & Koch, 2002, S. 116.

<sup>123</sup> Modifiziert entnommen aus: Bollmann & Koch, 2002, S. 116.

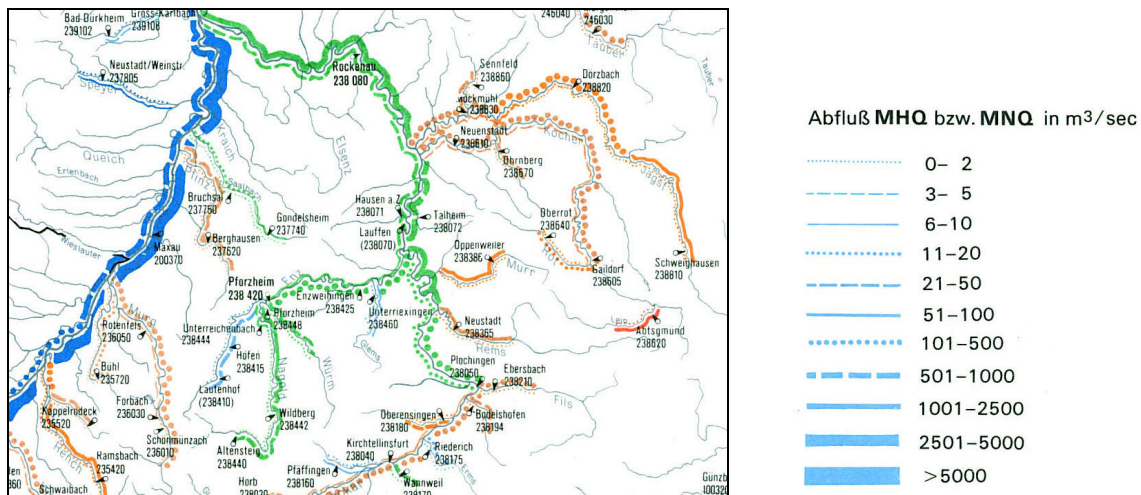


Abb. 42: Verwendung von Liniensignaturen zur Visualisierung des Abflusses<sup>124</sup>

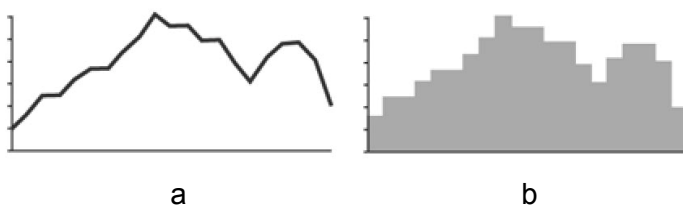
### 6.1.1.5 Diagramme

Lokale Diagramme werden vorwiegend dann eingesetzt, wenn die Quantitäten noch zusätzlich gegliedert werden müssen oder eine zeitliche Entwicklung dargestellt werden soll. Für die Visualisierung lokaler Quantitäten können Ortsgediagramme oder Positionsdiagramme eingesetzt werden. Manche Diagrammfiguren lassen sich nicht wie Signaturen lagertreu anordnen. In diesen Fällen muss der Bezugspunkt mit einer speziellen Ortssignatur gekennzeichnet werden, das Diagramm wird danebengestellt.

Für die Darstellung der Messdaten (Zeitreihen) wird auf verschiedenste Diagrammformen zurückgegriffen. Beispiele sind:

#### Kurvendiagramme

Kurvendiagramme werden in der Hydrologie bevorzugt verwendet, da sie sich für Zeitpunktfolge-Darstellungen bestens eignen. Mit Kurvendiagrammen kann die Abflussganglinie bestmöglich wiedergegeben werden. Die Kurve kann dabei als echte Kurve (a) oder Treppenkurve (b) angegeben werden.



<sup>124</sup> Entnommen aus: De HAAR, 1978, Kartentafel „Mittlerer Hoch- und Niedrigwasserabfluss“

**Radialdiagrammen** eignen sich besonders gut zur Anzeige zeitlicher Entwicklungen (rhythmische Phänomene). Hydrologische Größen weisen wiederkehrende Veränderungen im Jahresverlauf auf, die mit diesen Diagrammen sehr gut dargestellt werden können. Über Darstellungsmethoden für die Saisonalität informiert Kapitel 6.3.

**Stab- oder Säulendiagramm**

Das nächste Beispiel aus dem HADES zeigt die Schwebstoffkonzentrationen in Fließgewässern. Zur Visualisierung werden gegliederte Stabdiagramme verwendet. In den meisten Fällen gibt die Basis des Diagrammes die Position der Messstelle an. In diesem Beispiel wird die Lage der Messstelle durch eine zusätzliche Linie angezeigt. Der sehr große Wertebereich macht die Verwendung einer logarithmischen Skala notwendig.

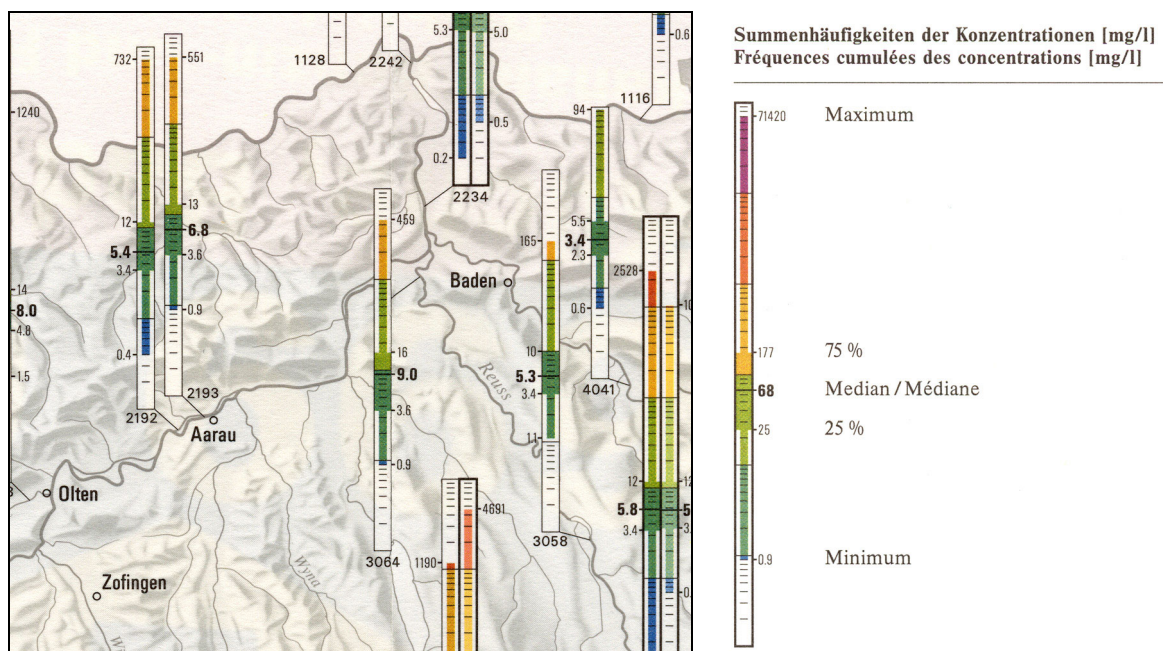


Abb. 43: Darstellung von Quantitäten mittels Stabdiagramm.<sup>125</sup>

**Flächendiagramm**

Das folgende Beispiel stammt aus dem Hydrologischen Atlas der Schweiz und zeigt die „Mittlere Konzentration ausgewählter chemischer Parameter in Oberflächengewässern“. Als Diagrammfigur wird ein modifiziertes Flächendiagramm verwendet, die Schweizer nennen es „Flügeldiagramm“. Jeder Quadrant symbolisiert einen chemischen Parameter, die Farbe gibt über die Quantität Auskunft. Diese Diagrammfigur kann so wie ein Radialdiagramm sehr gut positioniert werden, da das Zentrum des Diagramms die Position der Messstelle wiedergibt.

<sup>125</sup> Entnommen aus: BAFU, 1997, Kartentafel 7.4.

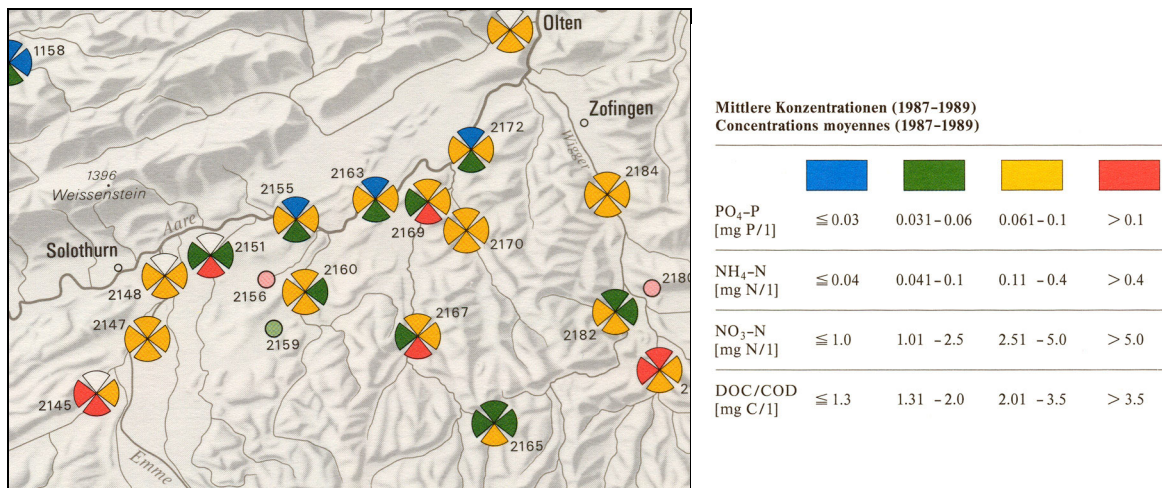


Abb. 44: Darstellung von Quantitäten mittels Flächendiagramm<sup>126</sup>

### 6.1.2 Kontinua

Kontinua sind räumlich oder flächenhaft unbegrenzt und können folgenderweise dargestellt werden:

- Visualisierung des Wertefeldes (Lage der Messstellen mit Wertangabe)
- Visualisierung mit Isolinien, durch Interpolation der Werte
- Visualisierung der Intervallflächen

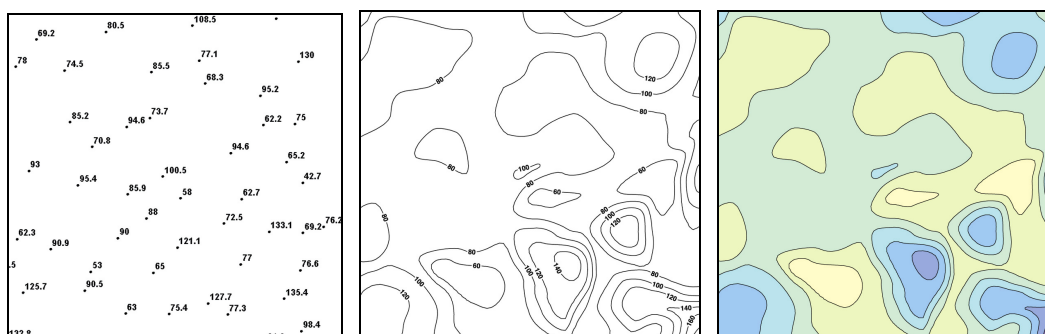


Abb. 45: Visualisierung von Kontinua als Wertefeld, mit Isolinien, mit Hilfe von Intervallflächen

#### Visualisierung des Wertefeldes

Die Visualisierung des Wertefeldes durch die Wiedergabe der Lage der Messpunkte und Angabe der gemessenen Zahlenwerte, ist die exakteste Methode, um ein Kontinuum darzustellen. Aus der Betrachtung des Kartenbildes, kann auf den ersten Blick jedoch kein regionaler Zusammenhang festgestellt werden. Lediglich kann über die räumliche

<sup>126</sup> Entnommen aus: BAFU, 1992, Kartentafel 7.2.

Verteilung des Messnetzes Auskunft gegeben werden. Diese Information kann zwar auch sehr wichtig sein, da eine regelmäßige Verteilung von Messstationen über das zu beurteilende Gebiet ausschlaggebend für eine gelungene Interpretation ist, jedoch versagt die Darstellung, wenn das Gebiet großräumig analysiert und interpretiert werden soll.

### **Visualisierung mit Isolinien**

Durch Interpolation zwischen den Messpunkten werden Isolinien konstruiert, die benachbarte Punkte gleicher Werte miteinander verbinden. Die Äquidistanz, der vertikale Abstand zwischen zwei benachbarten Linien, ist von den Daten und dem Maßstab der Karte abhängig. Durch den Einsatz von Isolinien können die Messergebnisse anschaulicher dargestellt werden. Die Qualität und Aussagekraft der Interpolation ist sehr stark von einem gleichmäßig dichten Messnetz abhängig.

Die einzelnen Fachwissenschaften verfügen über unterschiedliche Interpolationsverfahren. Fürst merkt an, dass für die Hydrologie strikte Regeln kaum angegeben werden können, sondern dass die Wahl der Interpolationsmethode von der Natur der Variablen und der damit verbunden räumlichen Variation abhängen sollte. Für den Niederschlag werden vorwiegend multivariate Verfahren verwendet mit denen auch andere Einflussfaktoren (z.B. Geländehöhe, Exposition) berücksichtigt werden. Bodenphysikalische Parameter die besonders ausgeprägte Zufallskomponenten aufweisen eignen sich eher geostatistische Verfahren.<sup>127</sup>

### **Visualisierung mit Hilfe von Intervallflächen**

Werden die Flächen zwischen den Isolinien eingefärbt entstehen Intervallflächen. Das heißt die Stufung der Werte wird durch die Kenntlichmachung der Intervallflächen verdeutlicht. Zwar entsteht dadurch ein stufenförmiger Eindruck, der dem Stetigkeitsprinzip eines Kontinuums widerspricht, allerdings kann dieser Effekt durch eine geschickte Wahl der zugeordneten Farbtöne oder Raster ausgeglichen werden. Grundsätzlich sollte die Anzahl der Intervallstufen 10 nicht überschreiten, da bei einer höheren Anzahl die Unterscheidbarkeit leidet.

Das folgende Beispiel aus dem HAÖ zeigt die Schwankungen des Grundwasserspiegels. In der Karte werden zwei Kontinua gleichzeitig dargestellt. Mit Isolinien wird die absolute

---

<sup>127</sup> Fürst, 2004, S. 170-174.

Höhe des Grundwasserspiegels wiedergegeben, mit der färbigen Darstellung der Intervallflächen die jährliche Schwankung des Grundwasserspiegels angezeigt.

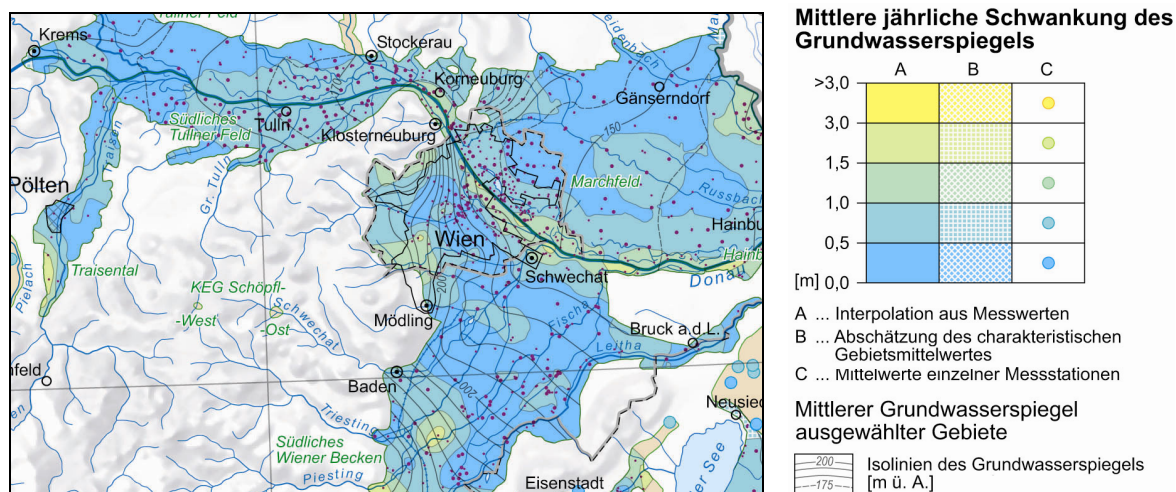


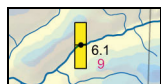
Abb. 46: Darstellung von Kontinua mittels Isolinien und Intervallflächen<sup>128</sup>

### 6.1.3 Kartenschrift

Die Kartenschrift hat unter allen Gestaltungsmitteln die geringste geometrische Aussagekraft. Sie visualisiert Namen (Namengut), durch Buchstaben und Zahlen. Die Kartenschrift kann allein stehend verwendet werden, oder in Verbindung mit einem anderen Gestaltungsmittel. In der Hydrologie wird die Kartenschrift vor allem mit anderen Gestaltungsmitteln verwendet. Sie wird einerseits zur eindeutigen Identifizierung von Objekten (Messstellen) verwendet und andererseits, um quantitative Angaben zu machen.



Mit der Angabe der Messstellenummer kann jede Messstelle eindeutig identifiziert werden. Karte der Abflussmessstellen des HAÖ



Die Zahl gibt die durchschnittliche Wassertemperatur, sowie das vorherrschende Regime an. Karte der Wassertemperaturen des HAÖ

<sup>128</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2003, Kartentafel 6.5.



## 6.2 Pegelsignaturen – ein besonderer Zeichensatz der Hydrologie

Ein Zeichensatz, der ausschließlich in hydrologischen und hydrographischen Karten zu finden ist, sind die Pegelsymbole. Sie geben die Position der Messstellen an, an denen der Wasserstand oder der Abfluss oberirdischer Gewässer gemessen wird. Die Visualisierung der Messpegel ist von zentraler Bedeutung, da sie Auskunft über Lage, Verteilung und Menge vorhandener Messstationen gibt. Diese Information hilft, die Aussagekraft von Karten, die auf die Daten dieser Messstationen zurückgreifen, zu beurteilen.

Da es sich bei der Angabe der Messstationen um nominal-skalierte Daten handelt, beschränkt sich die kartographische Aussage auf rein qualitative Eigenschaften der Messstationen. Die kartographische Visualisierung von Lage und Qualität der Messstationen, erfolgt mit Positionssignaturen den Pegelsymbolen. Das HZB publiziert jährlich als Beilage zum Hydrographischen Jahrbuch eine Karte mit den hydrographischen Beobachtungsstellen in Österreich. Darin werden folgende Signaturen verwendet:

- ▽ **Lattenpegel**
- ▼ **Schreibpegel**
- 📍 **Lattenpegel mit Abflussangaben**
- 📍 **Schreibpegel mit Abflussangaben**
- 📍 **Kraftwerksdurchfluss**
- ⊥ **Wassertemperaturmessstelle**

Abb. 47: Pegelsymbole des Hydrographischen Zentralbüros<sup>129</sup>

Während bei vielen Signaturen die Objektlage durch die Signaturenmitte angezeigt wird, gibt in diesem Falle die Signaturenspitze die genaue Position des Objektes an. Das ist auch notwendig, da eine Signatur mit zentrierter Lageangabe Teile des Gewässers an dem sich der Pegel befindet, verdecken würde. Da sich viele Messstationen kurz vor oder kurz nach Gewässerzusammenflüssen befinden, sind zentrierte Signaturen ungeeignet.

<sup>129</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2007b.

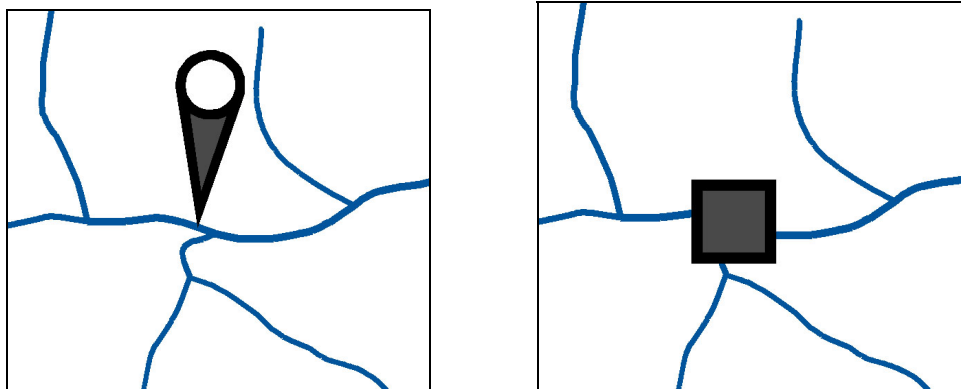


Abb. 48: Pegelsymbol versus geometrische Signatur

Durch die Lage des Pegelsymbols zum Fluss, wird das Flussufer angegeben, an dem sich die Messstation befindet. Das Pegelsymbol ist optimal gesetzt, wenn es normal auf die Gewässerachse steht. In diesem Fall ergibt sich die beste Lesbarkeit.

### Lageangabe

Eine Besonderheit, die Daten über Pegel aufweisen, ist die Positionsangabe (Geometrie). Die Lageinformation wird durch die Kilometrierung angegeben. Unter Kilometrierung wird eine fortlaufende Meter- und Kilometerzählung entlang des Gewässers verstanden. Gegenüber der üblichen zweidimensionalen Positionsangabe mit XY-Koordinaten ist die Kilometrierung nur eindimensional. Das bedeutet, dass jeder Pegel nur 1 Zahlenangabe für seine Verortung benötigt. Stromkilometer werden teils von der Quelle, teils von der Mündung gezählt, bei einem Nebenfluss meist von dessen Mündung stromaufwärts. Bei der Donau ist die Zählung durchlaufend und für alle Donauländer einheitlich und beginnt bei der Mündung bei Sulina am Schwarzen Meer.

2004													OG 3		
Hydrographisches Verzeichnis der Pegel und Wassertemperaturmessstellen mit Evidenzdaten															
Nr.	Schreibgerät	Pegel	Messstellennummer	Gewässer	Land	Lage	Pegelnullpunkt	Einzugsgebiet	Beobachtungsbeginn	Ermittlungsbeginn	Beobachtungsbeginn	Seite			
						km	m ü.A	km <sup>2</sup>	Wasserstand	Abfluss	Wassertemperatur	Hauptzahlen	Tageswerte	Abfluss	Wassertemperatur
174	#	Golling	203323	Salzach	S	93.41	463.19	3555.7	1895	1951	1959	18		130	348
175		St. Nikolaus	203943	Schwarzbach	S	1.46	470.86	3.1	1988			18			
176		Kuchl	203935	Weißbach	S	0.16	464.51	16.8	1988			18			
177		Römerbrücke	203331	Tauglbach	S	3.95	503.58	51.2	1966			18			
178		Adnet	203349	Almbach	S	4.90	462.47	180.0	1907	1961		18		131	
179		St. Leonhard	203562	Berchtesgadener Ache	S	3.48	446.14	428.2	1964			18			
180		St. Leonhard (Summerpegel)	203364	Berchtesgad. Ache m. Almk.	S	3.48	446.14	428.2	1964	1965				131	

Abb. 49: Ausschnitt aus dem Hydrographischen Jahrbuch - Lageangabe von Pegeln<sup>130</sup>

<sup>130</sup> Entnommen aus BMLFUW, 2007b.

### 6.2.1 Kombinationsfähigkeit von Signaturen

Geometrische Signaturen können aufgrund ihres einfachen Aufbaus gut miteinander kombiniert werden. Durch Kombination der verschiedenen Pegelsymbole können weitere Objektgattungen visualisiert werden. Beispielweise wird an vielen Lattenpegeln oder Schreibpegeln auch die Wassertemperatur gemessen. Durch die Kombination ergeben sich somit Signaturen, die nicht in der Zeichenerklärung der Karte des HZB zu finden sind.

- ▼ Schreibpegel
- ⊥ Wassertemperaturmessstelle
- ▼⊥ Schreibpegel mit Wassertemperaturmessstelle





Das HZB betreibt neben dem Wasserstands- und Abflussmessnetz auch ein Messnetz mit dem hydrometeorologische Größen wie Niederschlag, Lufttemperatur, Schneehöhe oder Schneewasserwert gemessen werden. Zur Darstellung der verschiedenen Größen werden geometrische Signaturen verwendet. An vielen Messstellen werden neben dem Wasserstand und Abfluss auch die Lufttemperatur oder eine andere Größe gemessen. Nicht jede mögliche Messkombination kann in der Zeichenerklärung angegeben werden. Die Kombination erfolgt in der Karte aus den in der Zeichenerklärung angegebenen Einzelsignaturen. Dafür müssen einfache Signaturen gewählt werden, die auch gut miteinander kombiniert werden können. Geometrische Signaturen sind dafür sehr gut geeignet.

- Niederschlagsmesser
- Niederschlagsschreiber
- ▲ Totalisator
- ⊥ Lufttemperaturmessstelle
- ⊣ Verdunstungsmessstelle
- ∧ Schneehöhenmessstelle
- ⊥ Schneewasserwertmessstelle

Abb. 50: Signaturen für Niederschlag, Lufttemperatur und Verdunstung.<sup>131</sup>

Durch die Kombination der Einzelsignaturen, ergeben sich eine Vielzahl von Möglichkeiten. Mögliche Kombinationsformen sind:

<sup>131</sup> Entnommen aus BMLFUW, 2007b.

-  Niederschlagsmesser mit Schneehöhenmessung
-  Niederschlagsschreiber mit Temperaturmessung und Schneehöhenmessung
-  Niederschlagsmesser mit Temperaturmessung, Schneehöhenmessung und Verdunstungsmessung
-  Niederschlagsschreiber mit Temperaturmessung und Schneewasserwertmessung

Einige Kombinationsformen sind im folgenden Ausschnitt aus der "Übersichtskarte mit den hydrographischen Beobachtungsstellen in Österreich" des HZB zu sehen.

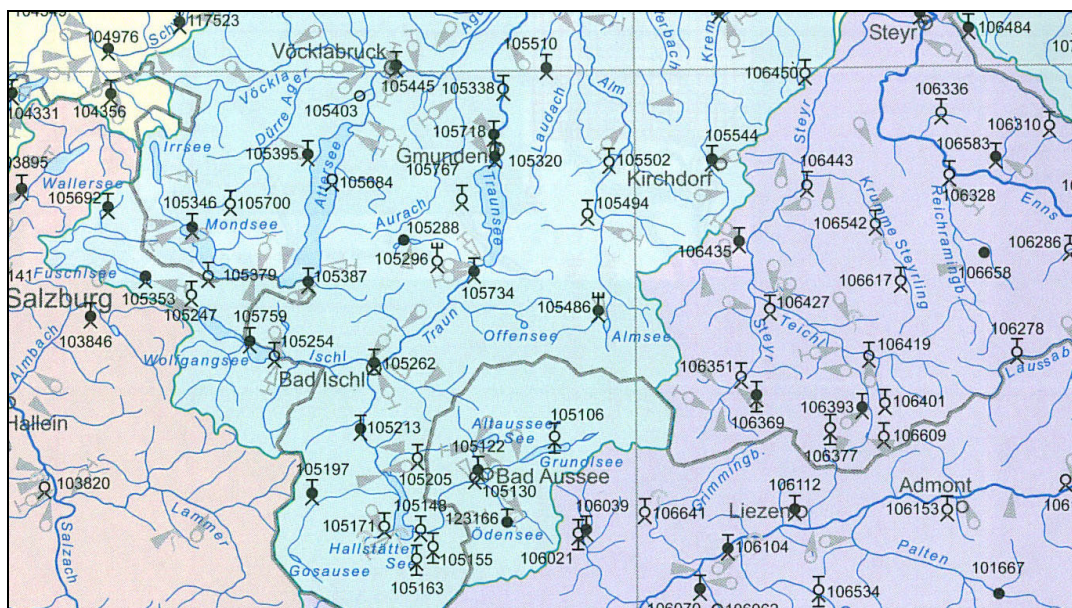


Abb. 51: Ausschnitt aus der Karte "Übersichtskarte mit den hydrographischen Beobachtungsstellen in Österreich" des HZB<sup>132</sup>

### 6.2.2 Internationale Pegelsymbole

Vergleicht man die in Österreich üblichen Pegelsymbole mit deutschen oder schweizer Pegelsymbolen, kann eine Standardisierung der Grundformen festgestellt werden. In Deutschland wird die Darstellung der Pegel durch einen Symbolkatalog auf der Grundlage der DIN2425 festgelegt, das heißt es gibt exakte Zeichenvorschriften für die Gestaltung der Pegelsymbole. Im Hydrologischen Atlas Deutschlands werden für die Abflussmessstellen nachstehende Pegelsymbole verwendet. Als zusätzliche Information stellen sie neben der Messart auch den Weg der Informationsübermittlung dar. Manche Pegel sind mit Fernübertragungseinrichtungen ausgestattet oder verfügen über Einrichtungen zur Messwertansage.

<sup>132</sup> BMLFUW, 2007b.

▽	Lattenpegel ohne Abflußermittlung
Ⓛ	Lattenpegel mit Abflußermittlung
▼	Registrierpegel ohne Abflußermittlung
Ⓛ	Registrierpegel mit Abflußermittlung
Ⓛ	Registrierpegel mit Meßwertansage
Ⓛ	Registrierpegel mit Fernübertragung
Ⓛ	Registrierpegel mit Meßwertansage und Fernübertragung

Abb. 52: Pegelsymbole der Karte „Ausgewählte Pegel an oberirdischen Gewässern“ aus dem HAD<sup>133</sup>

Auch in der Schweiz werden ähnliche Pegelsymbole verwendet. Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) erhebt mit ihren Messnetzen die Wasserführung und die Wasserqualität der Schweizer Gewässer. Für die kartographische Darstellung der Messstationen werden folgende Signaturen verwendet.

Legende Légende Leggenda		Stand Etat Stato
bestehende existant(e)s esistenti	aufgehobene supprimé(e)s soppresse	2006
▽	▽	Wasserstandsstation, mit Pegel Station limnimétrique, avec limnimètre Stazione idrometrica, con idrometro
▼	▼	Wasserstandsstation mit Pegel und Limnigraph Station limnimétrique avec limnimètre et limnigraphe Stazione idrometrica, con idrometro e limnigrafo
Ⓛ	Ⓛ	Abfluss-Messstation, mit Pegel Station de jaugeage, avec limnimètre Stazione di misurazione, con idrometro
Ⓛ	Ⓛ	Abfluss-Messstation mit Pegel und Limnigraph Station de jaugeage avec limnimètre et limnigraphe Stazione di misurazione, con idrometro e limnigrafo
T (T)	T (T)	Wassertemperatur-Messstelle (mit Thermograph) Emplacement de mesure de la température de l'eau (avec thermographe) Posto di misurazione della temperatura dell'acqua (con termografo)
S	S	Schwebstoff-Messstelle Emplacement de prélèvement de matières en suspension Posto di prelievo di materiale in sospensione
C	C	Messstelle für physikalische und chemische Eigenschaften Emplacement de mesure de grandeurs physique et chimiques Posto di misura per le qualità fisiche e chimiche
T Ⓛ	T Ⓛ	Einrichtungen verschiedener Art an derselben Stelle Combinaison de différents genres de stations et d'emplacements Combinazioni sulla stessa ubicazione

Abb. 53: Schweizer Pegelsymbole<sup>134</sup>

<sup>133</sup> Entnommen aus: BMU, 2000, Kartentafel 3.1.

<sup>134</sup> Entnommen aus: Bundesamt für Landestopographie (2007): Karte der eidgenössischen hydrometrischen Stationen. MS 1 : 500 000. Redaktion BAFU, Abteilung Hydrologie.

Man kann erkennen, dass sich die Form der Signaturen für die Wasserstandsmessung (Lattenpegel) und Abflussmessung gleichen. Durch Kombination der Signaturen mit Schrift (S für Schwebstoffmessung und C für Messung von chemischen und physikalischen Eigenschaften) werden weitere Eigenschaften der Messstation angegeben.

Für den HADES wurde die Gestaltung der Symbole etwas modifiziert. Unbunte Pegel kennzeichnen bereits aufgelassene Stationen, mit der Füllung der Signatur wird die Dauer der Beobachtung angegeben. Der Farbton der Signatur gibt an, ob sich die Messstation an einem Fließgewässer oder an einem stehenden Gewässer befindet.

Abflussmessstationen Stations de jaugeage			Wasserstandsstationen an Seen Stations limnigraphiques lacustres			Hochwassergrenzwertpegel Limnimètres à maximum		
in Betrieb en service	aufgehoben hors service		in Betrieb en service	aufgehoben hors service		in Betrieb en service	aufgehoben hors service	
		≤ 10 Jahre/ans			≤ 10 Jahre/ans			≤ 10 Jahre/ans
		11 - 30 Jahre/ans			11 - 30 Jahre/ans			
		> 30 Jahre/ans			> 30 Jahre/ans			

Abb. 54: Pegelsymbole im Hydrologischen Atlas der Schweiz<sup>135</sup>

Es kann festgehalten werden, dass in den deutschsprachigen Ländern ähnliche Signaturen für Wasserstands- und Abflussmessstellen verwendet werden.

### 6.2.3 Karte der Abflussmessstellen im HAÖ

Für die Karte der Abflussmessstellen des HAÖ wurden die Pegelsymbole des HZB übernommen. Die Messstationen werden nach dem Messgerätetyp und dem Datum der Errichtung klassifiziert. Für die Unterscheidung des Messgerätetyps wurde die Variable „Form“ und „Füllung“ herangezogen. Die Variable „Farbton“ gibt das Datum der Errichtung wieder. Darüber hinaus sind aufgelassene Messstationen, für die aber Messreihen zur Verfügung stehen, von derzeit noch in Betrieb befindlichen unterschieden. Dies wird durch die Variation der Form (gerissene Konturlinie) und des Tonwertes wiedergegeben.

Die Signaturen sind somit vier Variablen unterworfen. Durch die Variation entstehen insgesamt 72 Objektklassen und somit eine sehr detaillierte Übersicht über die Art der

<sup>135</sup> Entnommen aus: BAFU, 1992, Kartentafel 5.1.

Messung, den Zeitraum der Beobachtung und darüber, welche Pegel noch aktiv messen oder bereits aufgelassen sind. Beim Messgerätetyp werden Lattenpegel und Schreibpegel unterschieden und ob die Station zusätzlich die Wassertemperatur misst oder der Abfluss angegeben wird. Schwarze Signaturen kennzeichnen Stationen, an denen bereits vor 1900 mit der Messung begonnen wurde und an denen somit sehr lange Zeitreihen zur Verfügung stehen. Die Angabe von aufgelassenen Stationen gibt Auskunft über ehemalige Messstationen, deren Daten natürlich auch heute noch abgefragt werden können.

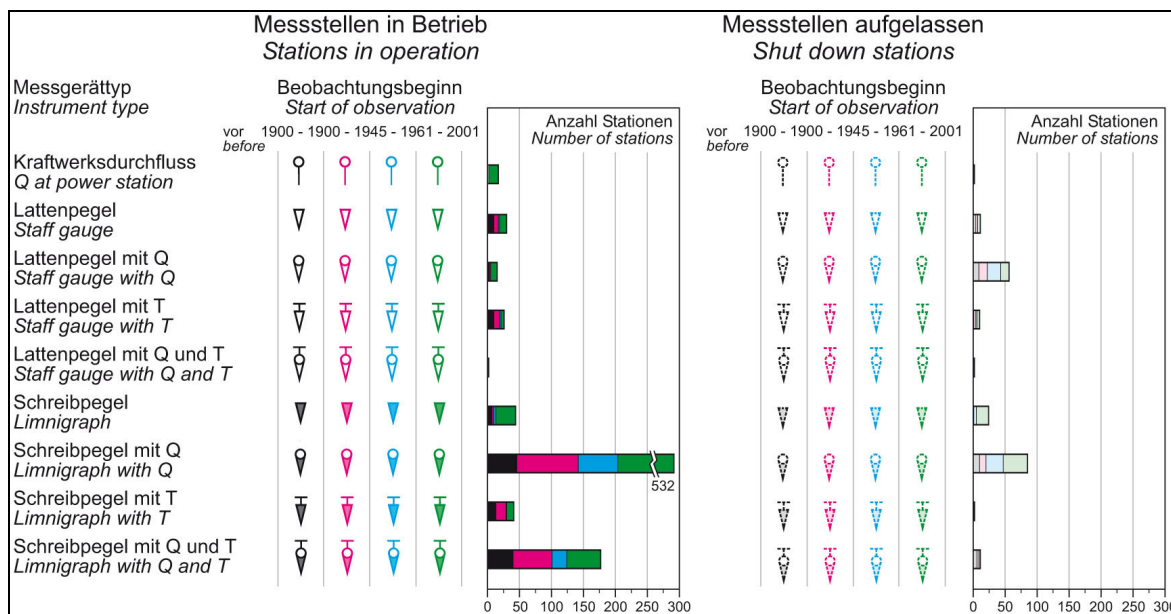


Abb. 55: Ausschnitt der Zeichenerklärung der Karte der „Abflussmessstellen“ aus dem HAÖ<sup>136</sup>

<sup>136</sup> Modifiziert entnommen aus: BMLFUW, 2003, Kartentafel 5.1.

## 6.3 Farbe – die wichtigste graphische Variable in der Hydrologie

Die Farbe spielt in der thematischen Kartographie zur Unterscheidung von Qualitäten und zur Angabe von Quantitäten eine wesentliche Rolle. Arnberger hält fest: *„In der Regel werden qualitative Merkmale an Farbrichtungen, quantitative hingegen an Farbgewichte gebunden sein.“*<sup>137</sup>

Das heißt, dass in der Regel der Farbton zur Unterscheidung qualitativer Merkmale eingesetzt wird, während man sich zur Angabe der Quantität die unterschiedlichen Farbgewichte, also die Helligkeitsunterschiede zwischen den Farbtönen in der Farbtonreihe, zu Nutze macht.

### 6.3.1 Konventionen und Richtlinien

Farbkonventionen sind *„Übereinkünfte über die einheitliche Verwendung bestimmter Farben und Farbskalen in Karten gleichen Inhalts“* und können auf nationaler Ebene, aber auch international gelten. Farbkonventionen erleichtern die Nutzung von Karten, Voraussetzung ist allerdings, dass der Nutzerkreis mit der betreffenden Farbkonvention vertraut ist.<sup>138</sup>

Aus pragmatischen Gründen gibt es für einige Bereiche der Kartographie Standardisierungen in der Farbgebung. Diese gelten vor allem auf dem Gebiet der Navigationskarten (Luftfahrtkarten, Seekarten) und internationalen Sportkarten (Orientierungslaufkarten). Für diese Themenbereiche gibt es einheitliche Standards in verschiedenen Ländern.

In anderen Bereichen haben sich Erfahrungen zu Üblichkeiten herauskristallisiert, wie beispielsweise die Farbgebung kleinmaßstäbiger geologischer Karten. In großen Maßstäben gibt es keine Übereinstimmungen, weil die Voraussetzungen von Land zu Land sehr unterschiedlich sein können. Konventionsähnliche Farbskalen haben sich in Karten der Klimaelemente Temperatur und Niederschlag durchgesetzt.

In der kartographischen Praxis gibt es für die Hydrologie keine Verordnung oder Richtlinie, für die Verwendung von Farben und Farbkombinationen, es haben sich jedoch für bestimmte Themen bestimmte Farbskalen eingebürgert. Als Beispiel dient die Karte

---

<sup>137</sup> Arnberger, 1966, S. 285.

<sup>138</sup> Bollmann & Koch, 2001, S. 223.



„Biologische Gewässergüte von Fließgewässern“ des HAÖ, bei der die Fachwissenschaftler auf die Verwendung der gezeigten Farben bestanden.

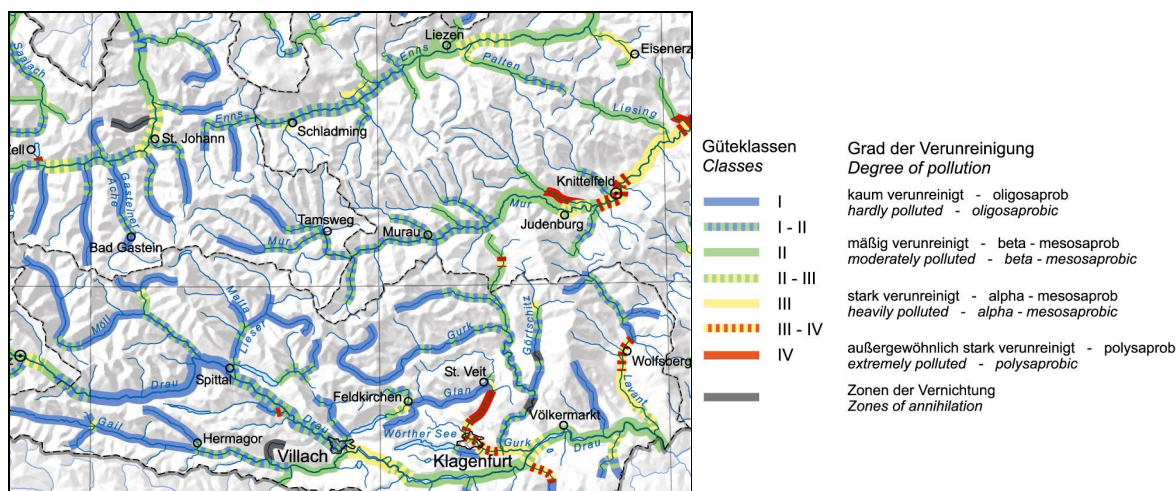


Abb. 56: Eingebürgerte Farbgebung für die Gewässerqualität.<sup>139</sup>

### 6.3.2 Farbassoziationen

Ein besonderes Merkmal der graphischen Variable Farbe ist die Assoziationsfähigkeit. Unter Farbassoziation wird die „gedankliche Verknüpfung einer Farbe, eines Farbpaars oder einer Farbreihe mit ihrer Bedeutung im Alltag oder Beruf“ verstanden. „Die Farbassoziation wird stark von der Wahrnehmungssituation und den Erfahrungen des Betrachters beeinflusst“. Demnach können Farbassoziationen vom Empfindungswert bestimmt sein, von den Seherfahrungen in der Natur beeinflusst werden oder vom kulturellen und beruflichen Umfeld abhängen. Da nicht sicher ist ob die verwendeten Farben die beabsichtigte Assoziation hervorrufen, kann auf ihre Erklärung in der Legende einer Karte nicht verzichtet werden.<sup>140</sup>

#### 6.3.2.1 Farbgebung nach dem Empfindungswert

Die wissenschaftliche Befassung mit der Assoziationsfähigkeit von Farben hat laut Arnberger erst Ende des 19. Jahrhunderts eingesetzt. Die konsequente kartographische Anwendung erfolgte ebenfalls erst zu dieser Zeit, wobei es bereits einige Jahrzehnte davor erste Karten gegeben hat, die bei der Farbgebung auf den „Gefühlswert der Farben“ Rücksicht genommen haben. Mit Rot- und Orangetönen werden Empfindungen wie „warm, trocken“ hervorgerufen, während man Blau- und Grüntöne eher mit „kalt und feucht“ in Verbindung bringt. Als Verbindungsfarbe zwischen den beiden Polen dient in

<sup>139</sup> Entommen aus: BMLFUW, 2003, Kartentafel 8.2.

<sup>140</sup> Bollmann & Koch, 2001, S. 224.

der Regel Gelb, das je nach Couleur und der Einordnung in eine Farbskala, Eindrücke wie trocken und kontinental vermittelt.<sup>141</sup>

### 6.3.2.2 Naturnahe Farbgebung

Neben bestimmten Empfindungen, assoziiert man mit Farben auch Objekte, die in der Natur in dieser Farbe vorkommen. Die naturnahe Farbgebung ist zur Darstellung jener Karteninhalte von großer Bedeutung, die in der Natur eine ganz bestimmte Farbe aufweisen. Etwa für Vegetationsarten, Bodenbedeckung, Landnutzung, Wasser- und Eisoberflächen oder Fels. Die Farbgebung der Situationselemente in topographischen Karten ist an diese naturnahe Farbgebung angelehnt. Demnach werden in Europa Gewässer blau, Wald in grün usw. farblich umgesetzt. Alles klar Dargestellte, wird mit Nähe in Verbindung gebracht, alles Trübe mit Ferne.

### 6.3.3 Farbskalen in der Hydrologie

In einigen Bereichen der Naturwissenschaft, wie in der Klimatologie, Meteorologie und Hydrologie, haben sich Farbskalen eingebürgert, die den Empfindungswert der Farben nützen. Anwendungen in der Hydrologie findet man beispielsweise bei Grundwasserthemen, bei denen warme Farben (trocken) große Flurabstände und sinkende Grundwasserstände anzeigen, während kalte Farben (feucht) kleine Flurabstände und steigende Grundwasserstände wieder spiegeln. Ähnliches gilt auch für Karten der Gewässernetzdichten, bei denen durch die empfindungswerte Farbgebung Gebiete mit hohen Dichten (feucht) von niederen Dichten (trocken) unterschieden werden. Bei Verdunstungskarten zeigen Gebiete mit hoher Verdunstung (trocken) helle Farben und Gebiete mit wenig Verdunstung (feucht) intensive blaue Farben.

Für die Darstellung der „Saisonalen Trends im Abfluss – Abfluss in den Herbstmonaten“ wurde eine bipolare Farbskala verwendet. Der Einsatz von uni- oder bipolaren Skalen hängt im Wesentlichen vom dargestellten Wertebereich ab. Für die Darstellung von Erscheinungen und Sachverhalten mit positiven und negativen Wertebereichen, sollen bipolare Skalen mit Komplementärfarben genutzt werden, da sie anschaulicher sind als unipolare Skalen. Die Extremwerte bekommen die Farben Rot (Abnahme, trocken) und Blau (Zunahme, feucht) zugeordnet, in Richtung des Nullwertes werden die Farben aufgehellt. Die den Nullwert einschließende Klasse wird in sehr heller Farbe, Hellgrau, Hellgelb oder Weiß wiedergegeben.

---

<sup>141</sup> Arnberger, 1966, S. 158.

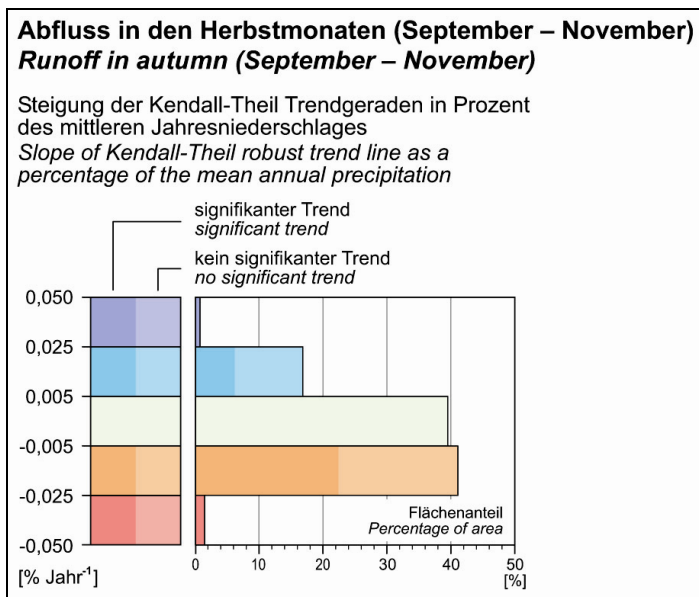


Abb. 57: Bipolare Farbskala zur Darstellung Saisonaler Trends aus dem HAÖ<sup>142</sup>

Gibt es keine negativen und positiven Werte wird häufig eine unipolare Farbskala verwendet. Bei der unipolaren Darstellung können in langen Farbreihen sowohl der Farbton als auch die Farbsättigung verändert werden, womit zwangsläufig die Helligkeit variiert. So kann die Anzahl der Klassen vergrößert werden, mehr als 15 Klassen sind jedoch aufgrund der Unterscheidbarkeit nicht ratsam.

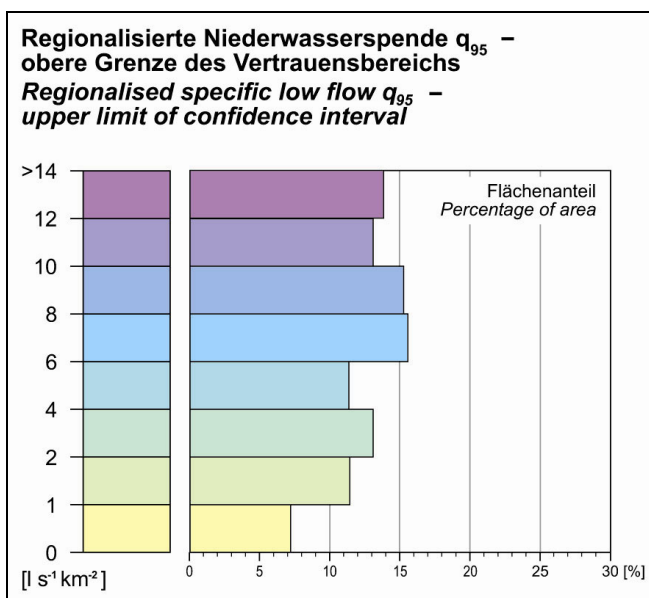


Abb. 58: Unipolare Farbskala zur Visualisierung der „Regionalisierten Niederwasserspense“ aus dem HAÖ<sup>143</sup>

<sup>142</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2007a, Kartentafel 5.10.

<sup>143</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2007a, Kartentafel 5.8.

Müssen noch mehr Werteklassen dargestellt werden, kann auf die Spektralfarbenreihe zurückgegriffen werden. Die Spektralfarbenreihe zerlegt das Kontinuum der Spektralfarben in wahrnehmbare Abstufungen. Sie kann am Beginn oder am Ende des Farbbereiches um das im natürlichen Spektrum nicht enthaltene Purpur (Magenta) ergänzt werden. Im HAÖ wurde die Spektralfarbenreihe für den Saisonalitätskreis verwendet. Mit den Spektralfarben können durch geschickte Farbwahl bis an die 20 wahrnehmbare Farbabstufungen klassifiziert werden.



Abb. 59: Spektralfarbenreihe

#### 6.3.4 Grundsätze und Regeln der Farbzuoordnung

Die allgemeine Methodenlehre nennt Regeln für Farbanwendungen, die sich relativ unabhängig vom darzustellenden Inhalt aus den Farbwirkungen, Farbkontrasten und Farbharmonien herleiten lassen. Strichfarben sollen sich deutlich von Flächenfarben für große Flächen unterscheiden. Flächenhafte Darstellungen sollten heller als punkthafte und linienhafte Signaturen und als Diagramme gewählt werden. Als Farbe feiner Linien und kleiner Schriften eignet sich am besten Schwarz. Für Konturenlinien in hellen Flächen kann Grau gewählt werden, für sehr dunkle Flächen eignen sich weiße Konturlinien. Gesättigte oder dunkle Farben sollten nur in kleinen Flächen auftreten und flächenmäßig nicht dominieren.<sup>144</sup>

Laut Bertin steht die Farbe in enger Beziehung zu den verwendeten kartographischen Darstellungsmethoden. Eine optimale Farbgebung setzt Erfahrung mit der Anwendung der kartographischen Darstellungsmethoden voraus. Jede Methode verlangt spezifische Lösungen der Farbgebung. Mengenwertpunkte lassen sich nur in drei bis vier sehr intensiven Farben (z. B. Rot, Blau, Grün, Schwarz) verwenden, während dessen für ein Flächenmosaik mit genügend großen Flächen nahezu der gesamte druckbare Farbraum zur Verfügung steht. Ferner hebt Bertin hervor, dass im Unterschied zum vorwiegend selektiven Charakter des Farbtons vor allem der Farbhelligkeit eine ordnende Funktion zukommt.<sup>145</sup>

<sup>144</sup> Bollmann & Koch, 2001, S. 222-223.

<sup>145</sup> Bertin, 1967, S. 93-99.

## 6.4 Visualisierung der Saisonalität hydrologischer Größen

Unter Saisonalität wird die Verteilung des zeitlichen Auftretens eines Phänomens innerhalb eines Jahres verstanden. Die Saisonalität hydrologischer Größen und deren Ausprägung wird vor allem vom Klima und dem Relief bestimmt. Alpine Fließgewässer zeigen ein sehr markantes Saisonalitätsverhalten im Abfluss. Dies wird bestimmt durch Schneeakkumulation im Winter sowie Eis- und Schneeschmelze im Sommer, wodurch es zu Niederwasser in den Wintermonaten und Hochwasserabflüssen in den Sommermonaten kommt. Fließgewässer im Flachland zeigen eine größere zeitliche Schwankung des Abflussverhaltens, die Saisonalität ist weniger ausgeprägt.

Die kartographische Visualisierung rhythmischer Phänomene kann unterschiedliche Formen annehmen. Sie ist durch den Einsatz von Diagrammen möglich, durch Interpolation der Saisonalitätsparametern, womit eine flächenhafte Darstellung ermöglicht wird, oder durch eine Abfolge von Karten, deren Betrachtung die zeitliche Entwicklung wiedergibt.

### 6.4.1 Einsatz von Diagrammen

Zeitliche Entwicklung lassen sich auf einfache Weise durch Diagramme mit einer Zeitachse zum Ausdruck bringen. Typisch für die Hydrologie ist die Darstellung der Jahresganglinie mittels Kurvendiagramm im kartesischen Koordinatensystem.

#### 6.4.1.1 Kurven- und Säulendiagramm

Die Jahresgang kann also als kontinuierlich verlaufende Kurve visualisiert werden, oder mit Säulen, die sich auf konkrete Zeitabschnitte beziehen. Je nachdem entstehen so Linien oder Säulendiagrammen. Jeder Wert ist eindeutig durch eine x- und y-Koordinate definiert. Die Abszisse bildet die Zeitachse, auf der Ordinate werden die Messwerte aufgetragen. Das folgende Beispiel zeigt den Jahresgang der Wassertemperatur an der Station Lunz am See mittels Säulendiagramm.

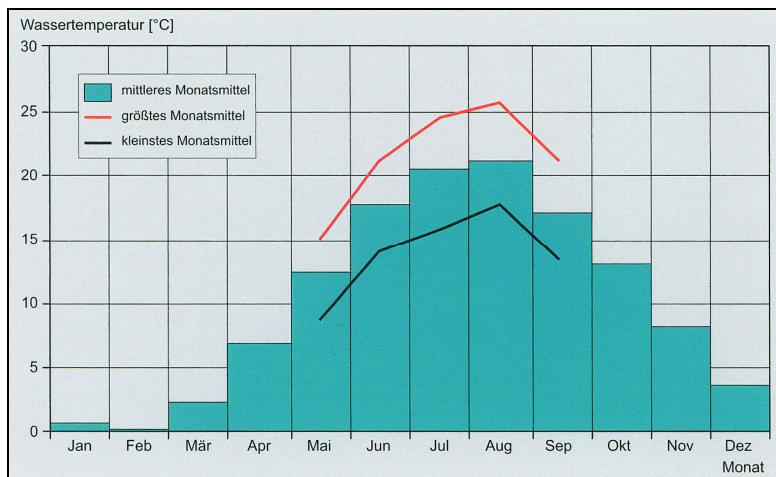


Abb. 60: Jahresgang der Wassertemperatur an der Station Lunz am See<sup>146</sup>

Kartographisch wurde diese Methode im Hydrologischen Atlas der Bundesrepublik Deutschlands in der Karte „Schwankungsbreite der monatlichen Abflüsse“ umgesetzt. Das Problem der Darstellung ist die starke Belastung des Kartenfeldes durch diese Kurvendiagramme, sodass aus Platzgründen nicht alle Pegel dargestellt werden können. Die Lageangabe erfolgt durch eine Pegelsignatur, das Diagramm wird daneben gestellt. Räumliche Zusammenhänge sind mit dieser Art der Darstellung schwer erkennbar. Vorteilhaft ist, dass für die ausgewählten Messstationen präzise Werte und Daten im Kartenfeld angegeben werden können.

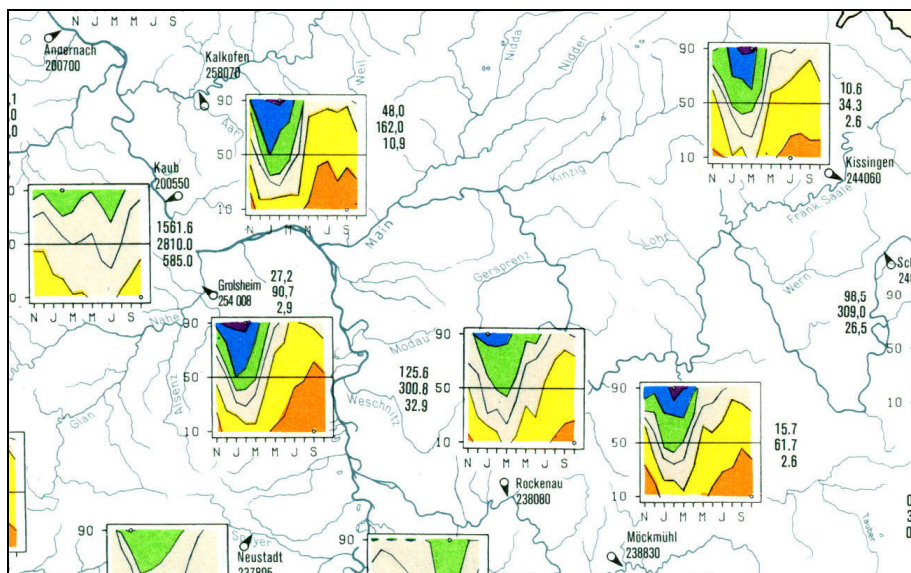


Abb. 61: Ausschnitt aus der Karte „Schwankungsbreite der monatlichen Abflüsse“ aus dem Hydrologischen Atlas der Bundesrepublik Deutschland<sup>147</sup>

<sup>146</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2005, Kartentafel 5.6.

<sup>147</sup> Entnommen aus: De Haar, 1978, S. 42.

### 6.4.1.2 Polarkoordinatendiagramm

Eine weitere Möglichkeit, die sich gut für die Wiedergabe von zyklischen Prozessen eignet, sind Polarkoordinatendiagramme. Polarkoordinatendiagramme sind sehr eindrucksvolle Konstruktionen. Anstatt mit  $xy$  – Koordinaten, wird hier jeder Punkt durch einen Winkel und einen Abstand, also mit einem Vektor, definiert. Im entstehenden Kreis gibt der Winkel das Monat an, die Länge des Vektors das Maß für die Saisonalität.

Im gezeigten Beispiel sieht man die „Relative monatliche Häufigkeit der Saisonalität von Niederwasser und Hochwasser“ der Messstation Murg-Wängi in der Schweiz.

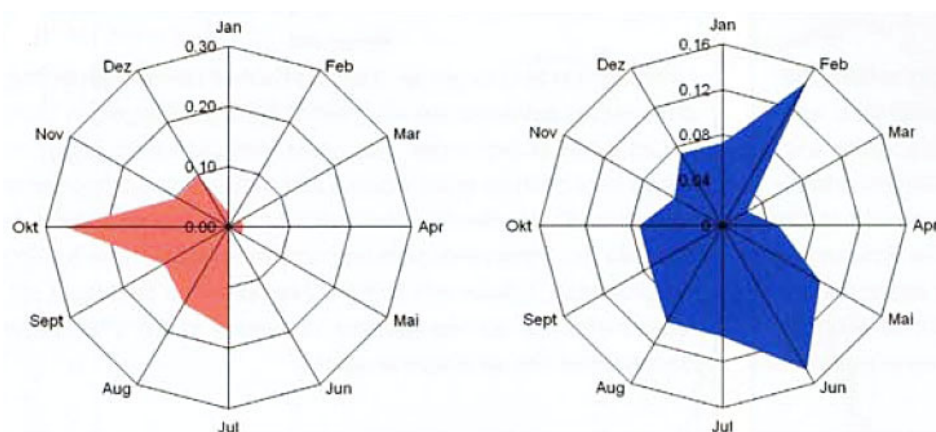
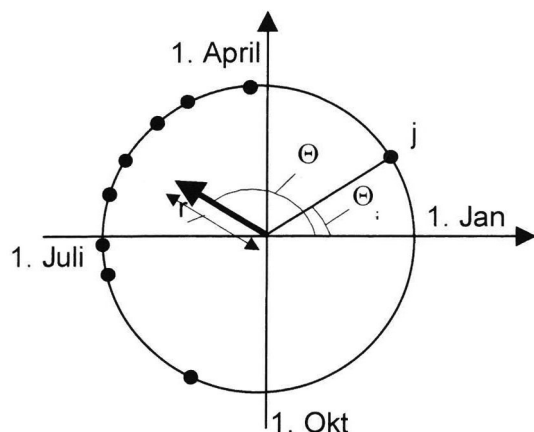


Abb. 62: Saisonalität von Niederwasser und Hochwasser<sup>148</sup>

Die Punkte auf dem Einheitskreis repräsentieren das Datum auftretender Einzelereignisse.



<sup>148</sup> Entnommen aus. Pfaundler & Wüthrich, 2006.

Die Richtung des mittleren Vektors entspricht dem mittleren Auftretensdatum aller Ereignisse eines Einzugsgebietes, die Länge  $r$  des Vektors gibt die zeitliche Variabilität der Messungen wieder. Ein Wert von  $r$  nahe 1 ist Ausdruck einer starken Saisonalität (alle Ereignisse treten an einem ähnlichen Datum auf), ein Wert  $r$  nahe 0 weist auf eine schwache Saisonalität (große zeitliche Streuung und gleichmäßige Verteilung des Auftretensdatums übers Jahr) hin.<sup>149</sup>

Ausgehend von der beschriebenen Methode, zeigt das folgende Beispiel die Saisonalität der Jahreshöchsthochwässer mit den Vektoren als Maß für die Saisonalität. Jede Messstation wird durch einen Vektor charakterisiert. Räumliche Zusammenhänge sind erkennbar, der Informationstransfer von der Karte zum Nutzer ist aber sehr unbefriedigend, weshalb diese Methode nur in wissenschaftlichen Publikationen eingesetzt werden sollte.



Abb. 63: Saisonalität der Jahreshöchsthochwässer<sup>150</sup>

Ein Beispiel aus dem HADES zeigt die Saisonalität des Niederwassers. Neben dem Vektor wird auch der zugrunde liegende Einheitskreis visualisiert. Zusätzlich wird über die Farbe die Jahreszeit, in der das Niederwasser auftritt, dargestellt. Durch die zusätzliche farbliche Kennzeichnung der Jahreszeit sind räumliche Beziehungen leichter erkennbar.

<sup>149</sup> Pfaunder & Wüthrich, 2006.

<sup>150</sup> Entnommen aus: Merz & Blöschl, 2003.



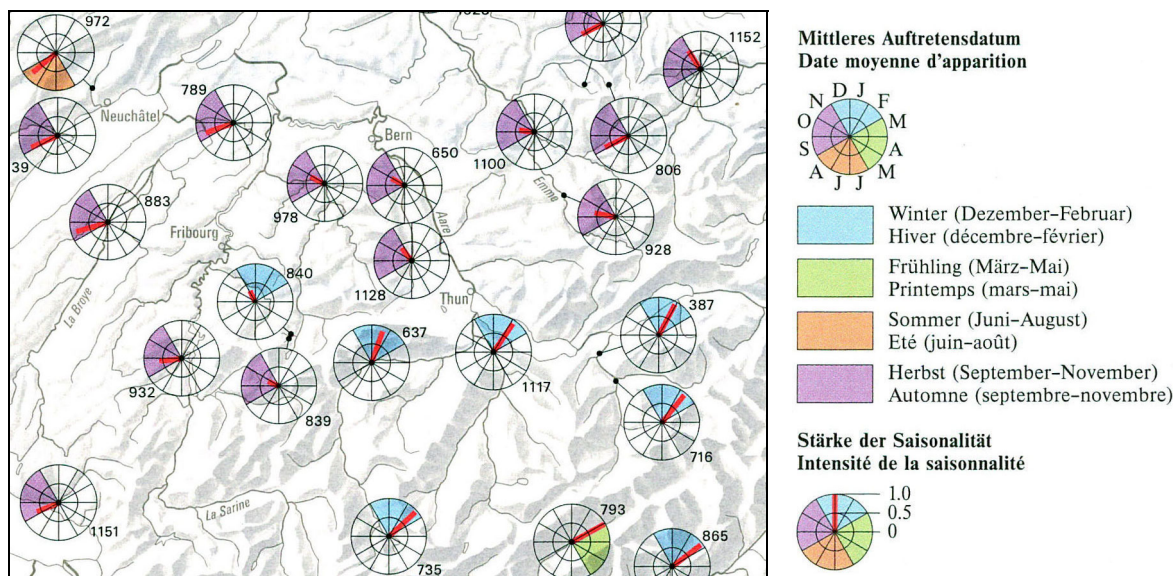


Abb. 64: Ausschnitt aus der Karte "Niederwasser – kleinste Mehrtagesmittel des Abflusses" aus dem HADES<sup>151</sup>

### 6.4.2 Liniensignaturen und Banddarstellungen

Eine Besonderheit in der Hydrologie, ist die Umlegung der punktuell gemessenen Daten auf den zugrunde liegenden Gewässerabschnitt. So können die Messwerte mit Linien, Liniensignaturen oder Linienbändern dargestellt werden. Ein gutes Beispiel für diese Methoden ist die Darstellung der "Natürlichen Regimetypen der Schweiz" aus dem HADES.

Der Jahresverlauf des Abflusses wird als Abflussganglinie bezeichnet. In der Abflussganglinie spiegelt sich ein für dieses Gewässer an diesem Pegel typisches Verhalten. Ausgehend von der langjährig mittleren Abflussganglinie kann das Gewässer einem bestimmten Abflussregime zugeordnet werden. Unter Abflussregime versteht man den mittleren jahreszeitlichen Verlauf des Abflusses eines Gewässers, d.h. die langjährigen mittleren Schwankungen des Abflusses werden als Regime bezeichnet. Die Schwankungen lassen sich über die dimensionslosen Pardé-Koeffizienten beschreiben, die als Quotienten aus Monats- und Jahresabfluss definiert sind. In Gebieten ohne Abflussmessungen, bilden Abflussregime die Grundlage zur Schätzung von langjährigen Monatsmittel des Abflusses.<sup>152</sup>

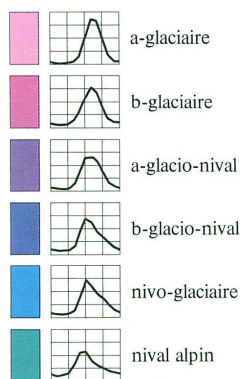
<sup>151</sup> Entnommen aus: BAFU, 2007, Kartentafel 5.11.

<sup>152</sup> De Haar, 1978, Karte „Schwankungsbreite der monatlichen Abflüsse“

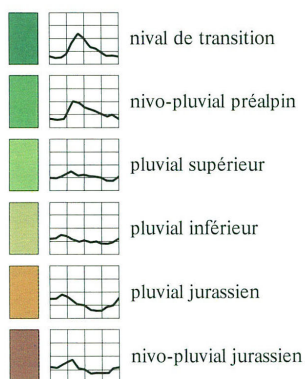
Gewässer mit ähnlichen Abflussregimen lassen sich in Regimetypen klassifizieren. Jedem Regimetyp kann eine charakteristische Jahresganglinie zugewiesen werden. Diese Art der Datenverarbeitung und der Darstellung erfordert eine intensive Auseinandersetzung mit der Zeichenerklärung. Ähnliche Regimetypen werden durch ähnliche Farben in Gruppen zusammengefasst. Südalpine Regimes bekommen eine Zusammenfassung von Farbtönen und sind somit zwar einzeln unterscheidbar, trotzdem aber der Gruppe zugehörend erkennbar.

**Natürliche Regimetypen<sup>1)</sup>**  
**Types de régimes naturels<sup>1)</sup>**

**Alpine Régimes**  
**Régimes alpins**



**Mittelländische und jurassische Régimes**  
**Régimes du Plateau et du Jura**



**Südalpine Régimes**  
**Régimes du sud des Alpes**

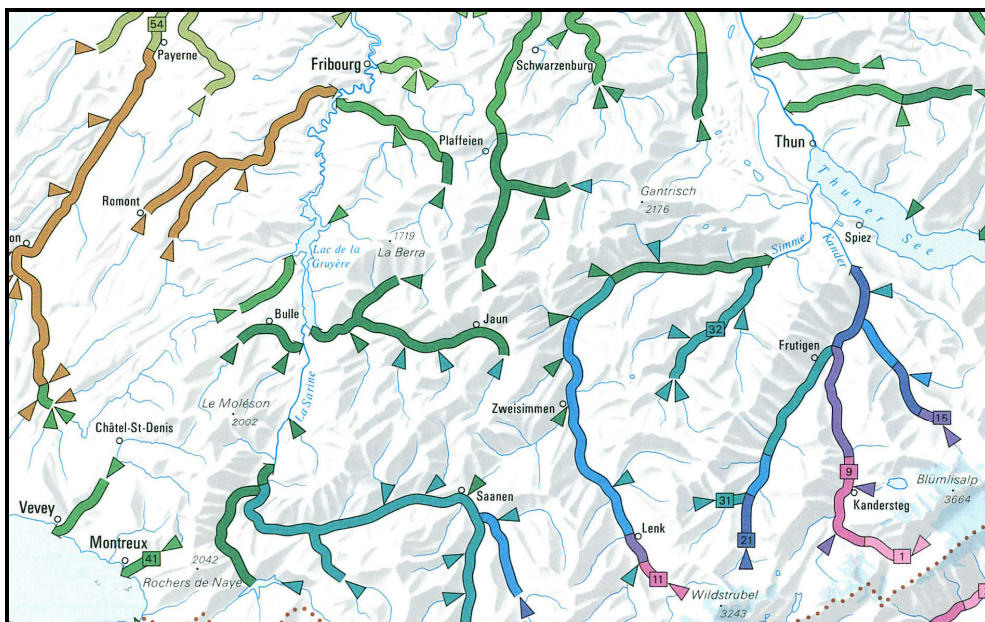
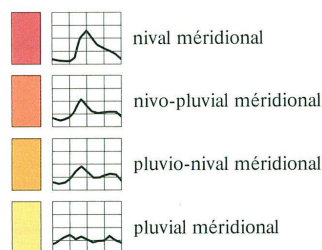


Abb. 65: Natürliche Regimetypen der Schweiz aus dem HADES<sup>153</sup>

<sup>153</sup> Entnommen aus: BAFU, 1992, Kartentafel 5.2.

### 6.4.3 Flächenhafte Darstellung durch Interpolation der Werte

Für das Kartenblatt „Saisonalität von Niederschlag und Abfluss“ des HAÖ wurden die Saisonalitätsparameter räumlich interpoliert, um eine kartographisch ansprechende flächige Darstellung zu ermöglichen. Schwere Farben bedeuten ausgeprägte Saisonalität, leichte Farben bedeuten geringe Saisonalität. Die Farbe gibt das Auftretensdatum des Maximalwertes innerhalb eines Jahres an.<sup>154</sup>

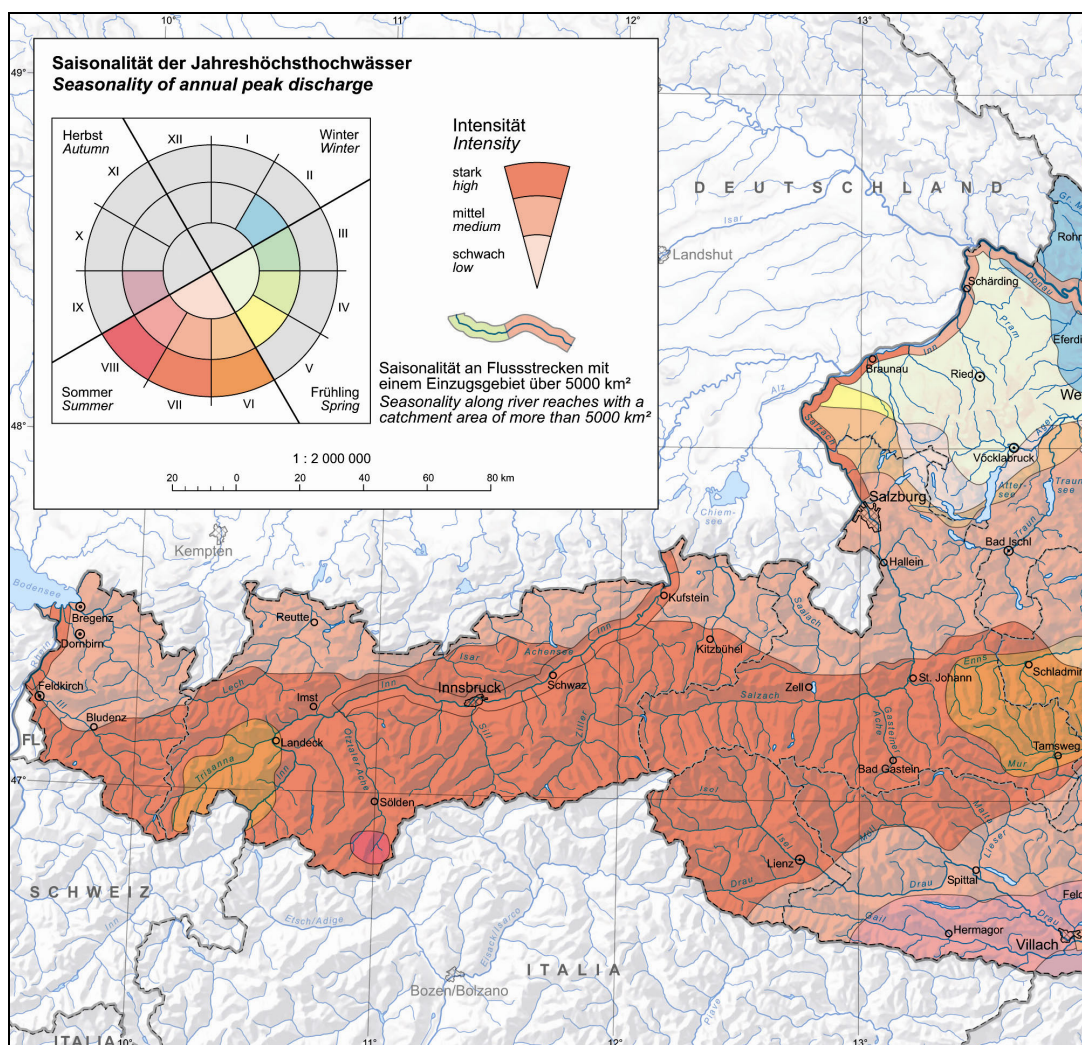


Abb. 66: Ausschnitt aus der Karte "Saisonalität von Niederschlag und Abfluss" aus dem HAÖ<sup>155</sup>

Durch die flächenhafte Darstellung sind räumliche Zusammenhänge weitaus besser zu erkennen, als sie durch positionsbezogene Darstellungsmethoden möglich wären. Eine positionsbezogene konkrete Aussage über den Wert an einer der zugrundeliegenden Messstationen ist jedoch nicht möglich.

<sup>154</sup> BMLFUW, 2003, Kartentafel 5.3.

<sup>155</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2003, Kartentafel 5.3.

#### 6.4.4 Einsatz von Kartenfolgen

Eine Kartengegenüberstellung gestattet, für das gleiche Gebiet den gleichen Sachverhalt für mehrere Zeitpunkte in einer entsprechenden Anzahl von Einzelkarten darzustellen. Zwischen den Zeitpunkten eingetretene Veränderungen können dann durch visuellen Kartenvergleich festgestellt werden. Diese Methode setzt kleine Kartenformate (Gegenüberstellung von zwei oder vier Karten auf einer Seite bzw. einem Kartenblatt) und möglichst einfach gehaltene Karteninhalte voraus.

Bei diesem Beispiel wird nicht direkt die Saisonalität dargestellt sondern die Größe, die eine Periodizität aufweist. In Abb.65 werden die Mittleren saisonalen Abflüsse für die vier Jahreszeiten gezeigt. Die Betrachtung eines Kärtchens gibt nur eine Übersicht über eine Jahreszeit. Durch die Betrachtung aller 4 Kärtchen kann die saisonale Veränderung erkannt werden.

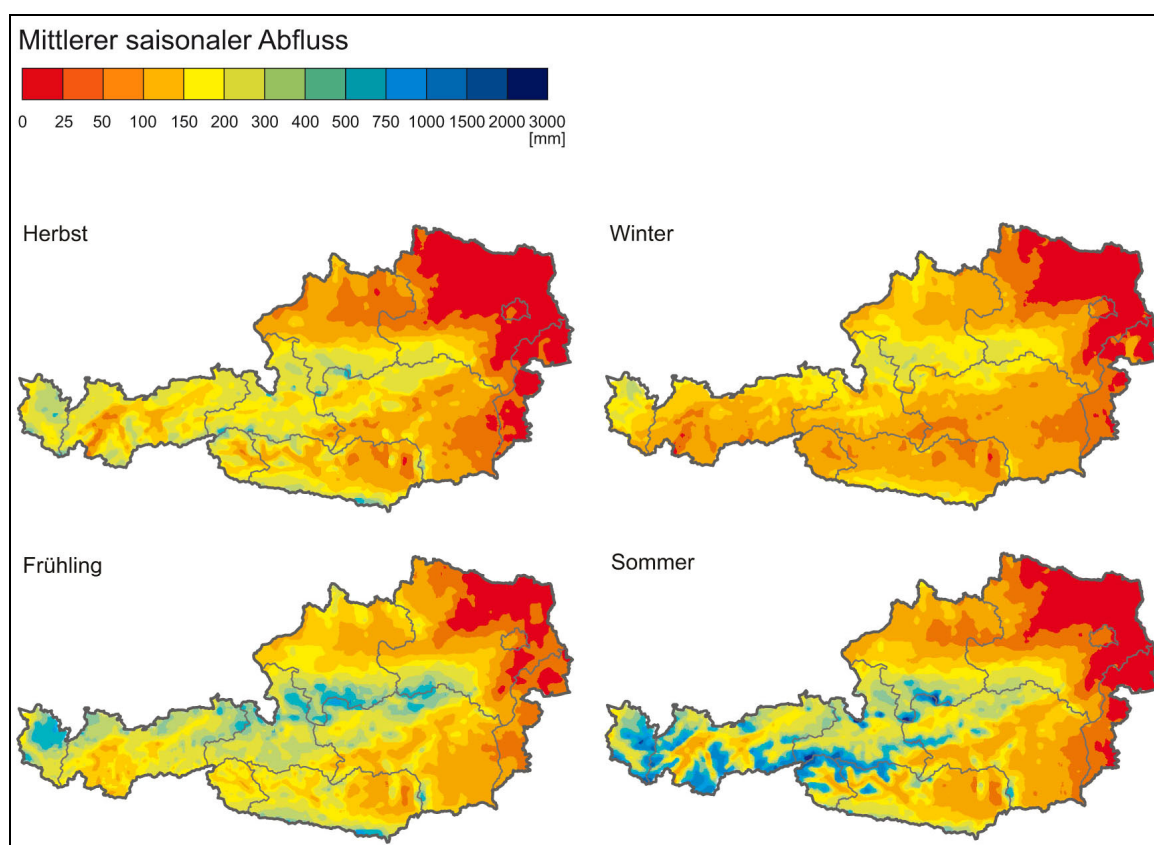


Abb. 67: Saisonales Verhalten des Abflusses aus dem HAÖ<sup>156</sup>

<sup>156</sup> Modifiziert entnommen aus: BMLFUW, 2007a, Kartentafel 7.2.

## 6.5 Komplexität hydrologischer Karten

Mit der Komplexität einer Karte wird der Umfang und Verarbeitungsgrad der Thematik einer Karte beschrieben. In Karten lassen sich verschiedene graphische Elemente in mehreren Schichten darstellen. Flächenhafte graphische Elemente können mit weiteren flächenhaften, mit linienhaften oder punkthaften Elementen sowie mit Signaturen, Diagrammen und Schriften überlagert werden. Aufgrund dieser Bearbeitungs- und Gestaltungskonzepte können thematische Karten analytisch (einschichtig), komplex (mehrschichtig) oder synthetisch sein. Die Entscheidung über die Ein- oder Mehrschichtigkeit der Karten wird im Rahmen der Gestaltungskonzeption getroffen. Bei mehrschichtigen Karten müssen die einzelnen kartographischer Darstellungsebenen gut miteinander kombinierbar sein. Dabei ist vorteilhaft, wenn die Kartengraphik der Ebenen unterschiedliche Strukturen aufweist.

Die Komplexität einer Karte kann auch vom der Publikationstyp abhängen. Wird eine Einzelkarte oder eine Karte im Rahmen eines Regional- oder Nationalatlas veröffentlicht, wird meist soviel Information wie möglich in dieser Karte untergebracht. Demzufolge können sehr inhaltsreiche, komplexe Karten entstehen. Bei Fachatlanten hingegen, kann jedem Fachthema ein eigenes Kartenblatt gewidmet werden, wodurch „einfachere“, analytische Karten entstehen.

In der Regel werden hydrologische Karten für ein Fachpublikum erstellt. Deshalb sind sie meist sehr komplexe Karten, die mehrere thematische Ebenen aufweisen und sehr anspruchsvoll zu lesen sind.

### 6.5.1 Analytische Karten

Sie sind monothematische, stellen also nur ein einziges Thema in ihrer räumlichen und sachlichen Gliederung dar. Wegen ihrer inhaltlich und kartographisch einfachen Struktur, erfordert die Arbeit mit analytischen Karten in der Regel wenige methodischen Aufwand, da nur eine Darstellungsmethode angewendet wird. Die Nutzung setzt allerdings voraus, dass die Besonderheiten der Datengrundlagen (z. B. Mittelwerte bei Temperaturen und Niederschlägen) bekannt sind.<sup>157</sup>

---

<sup>157</sup> Bollmann & Koch, 2001, S. 20-21.

Im HAÖ sind ein großer Teil der Grundlagenkarten analytische Karten, die nur ein Thema darstellen, dazu zählt etwa die Karte der „Mittleren Jahresniederschlagshöhe“.

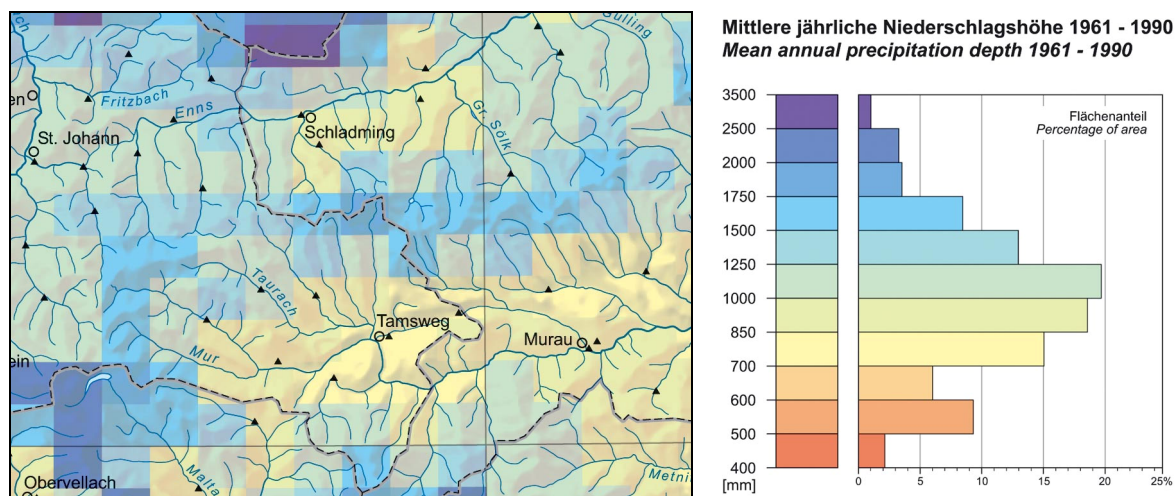


Abb. 68: Ausschnitt aus der Karte der "Mittleren Jahresniederschlagshöhe" aus dem HAÖ<sup>158</sup>

### 6.5.2 Komplexe Karten

Bei komplexen Karten setzt sich der Karteninhalt aus mehreren Themen zusammen, sie werden daher auch als polythematische Karten bezeichnet. Die behandelten Themen sind einzeln erkennbar, meist gibt es aber einen sachlichen Zusammenhang zwischen den Themen. Komplexe Karten können daher auch als Zusammenfassung mehrerer analytischer Karten betrachtet werden. Bei diesen mehrschichtigen Darstellungen werden für jede Ebene verschiedene kartographische Gestaltungsmittel und Darstellungsmethoden verwendet, wodurch hohe Anforderungen an den Kartennutzer gestellt werden. Was bei der Kombination kartographischer Gestaltungsmittel berücksichtigt werden muss wird in Kapitel 6.6. erörtert.

Beispiele komplexer Karten aus dem HAÖ, sind jene der Abflussmessstellen oder der Gewässertemperaturen. Bei der Karte der Gewässertemperaturen wird das Hauptthema, Wassertemperatur an einer Messstelle, durch eine stabförmige Positionssignatur visualisiert. Mit der Variable Farbe wird das Jahresmittel der Wassertemperatur gezeigt, die Größe der Signatur ist ein Maß für die Spannweite der Monatstemperatur. Neben dem Hauptthema wird durch eine zweite Darstellungsebene eine Beziehung zur Lufttemperatur hergestellt. Diese Schicht, das Jahresmittel der Lufttemperatur, wird flächenhaft dargestellt. Die Beschriftung der Signatur gibt das thermische Regime des Gewässers und den Jahresmittelwert der Wassertemperatur an.

<sup>158</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2003, Kartentafel 2.2.

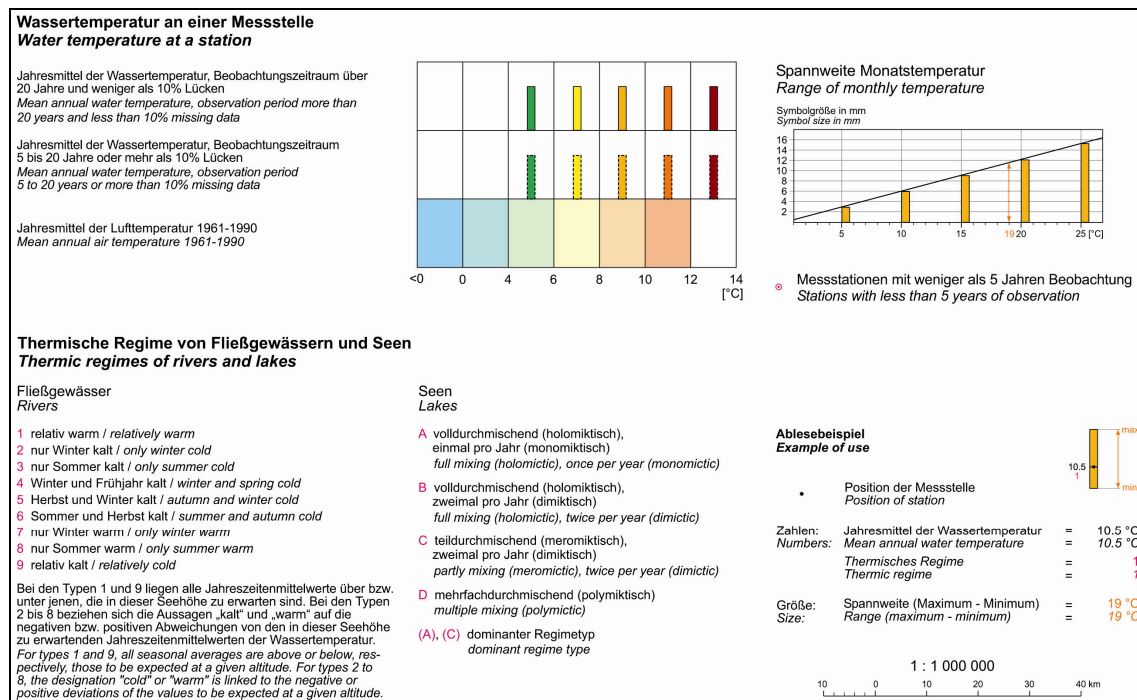


Abb. 69: Zeichenerklärung der Karte "Wassertemperaturen" aus dem HAÖ<sup>159</sup>

### 6.5.3 Synthesekarten

Synthesekarten zeichnen sich durch Klassifizierung und Typenbildung aus. Meist werden Inhalte aus einer größeren Zahl von Karten oder aus anderen Quellen zusammengeführt und miteinander verschnitten. Das Ergebnis der Synthese besteht in der Bildung von Standorttypen oder Raumtypen. Beispiele sind Naturraumtypen, Klimaregionen, Wirtschaftsräume oder Gemeindetypen. Die Zahl der Legendeneinheiten kann relativ klein sein, aber auch mehrere Dutzend erreichen. Ein Beispiel für solch eine Darstellung sind die Klimakarten der Erde. Die Synthese muss bei der Nutzung der Karte nachvollziehbar sein. Dies wird durch umfangreiche Erklärungen in der Legende erreicht, oder indem die dargestellten Einheiten mit prägnanten Begriffen oder einem Schlüssel belegt und in einem Begleittext erläutert werden. Der komplexe Charakter von Synthesekarten kann meist nur durch eine ausführliche Kartenerläuterung erschlossen werden.<sup>160</sup>

Beispiele für Typenbildung in der Hydrologie wären die Bildung von Abfluss-Regimetypen (siehe Abb.65) oder das thermische Regime von Fließgewässern. Die Typenbildung in der Hydrochemie nach Piper-Furtak zeigt ebenfalls die Komplexität, die synthetische Karten aufweisen können.

<sup>159</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2005, Kartentafel 5.6.

<sup>160</sup> Bollmann & Koch, 2002, S. 355.

In der Karte „Hydrochemie nach Piper-Furtak“ aus dem HAÖ, werden ausgehend vom Anionen- und Kationenanteil 10 Objekttypen, mittels einem modifiziertes Dreiecksdiagramm, kategorisiert. Mit der Variable Form wurde ferner die Art der Messstelle unterschieden. Insgesamt entstanden somit an die 30 Objekttypen.

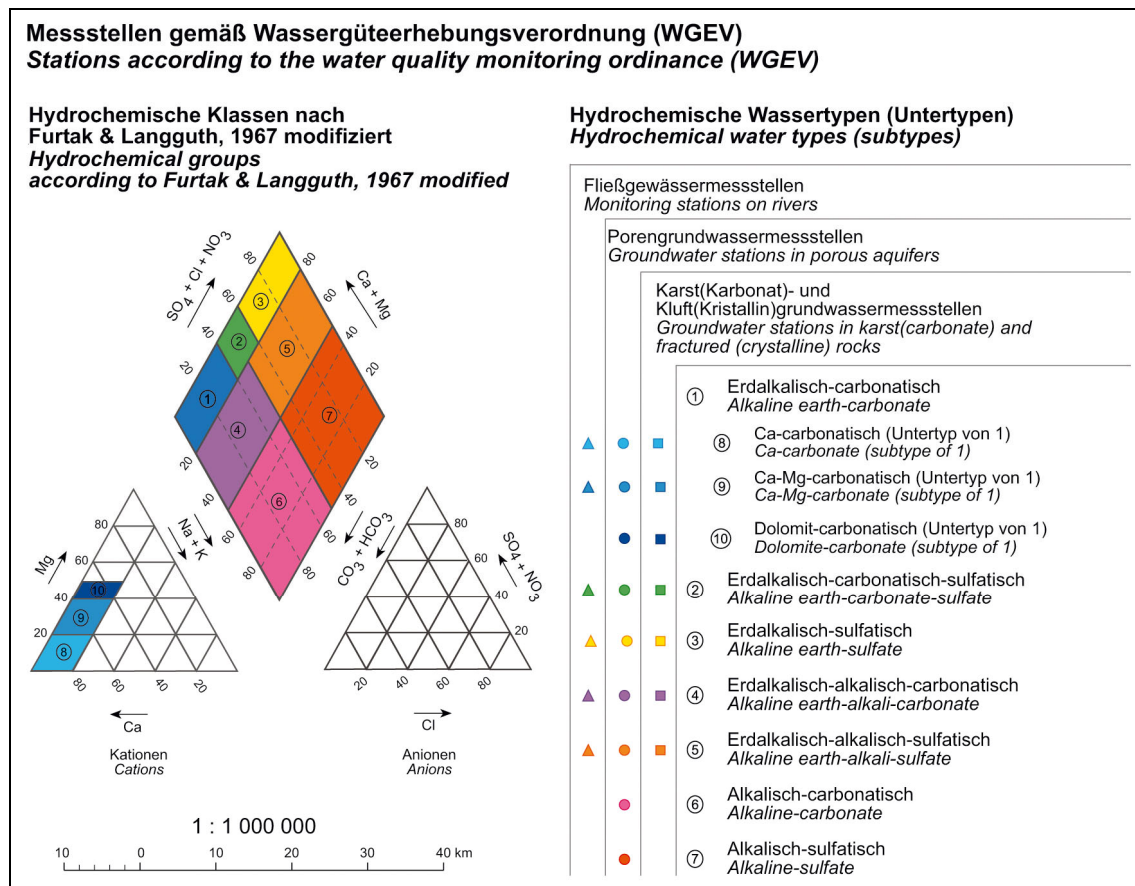


Abb. 70: Verwendung von Dreiecksdiagrammen zur Typenbildung aus dem HAÖ<sup>161</sup>

<sup>161</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2005, Kartentafel 8.3.



## 6.6 Kombination von Gestaltungsmittel in der Hydrologie

Die Anwendung der Kombination der Gestaltungsmittel hängt eng mit der Komplexität der Karten zusammen. Analytische Karten die lediglich eine Darstellungsebene aufweisen, sind von möglichen auftretenden Problemen, die sich bei der Kombination von Gestaltungsmittel ergeben können, weniger betroffen also komplexe Karten mit mehreren Darstellungsschichten.

### 6.6.1 Regeln zur Kombination von Gestaltungsmittel

Imhof führt einige Punkte an, die berücksichtigt werden sollten, wenn Gestaltungsmittel (Elemente und Gefüge) kombiniert werden. Gegensätzliche, artverschiedene Gestaltungsmittel eignen sich gut, ähnliche und artgleiche graphische Elemente sollten nicht miteinander kombiniert werden. Gut kombinieren lassen sich beispielsweise lokale Signaturen oder Liniennetze mit flächenhaften Darstellungen. Die Kombination mehrerer Flächenelemente oder die Kombination mehrerer Liniengefüge miteinander schafft Verwirrung und sollte vermieden werden.<sup>162</sup>

Werden verschiedene Gestaltungsmittel kombiniert, bilden oft flächenhafte Darstellungen die unterste Ebene. Die darüber liegenden Schichten können Linearsignaturen, Positionssignaturen oder lokale Diagramme enthalten. Es muss gewährleistet werden, dass die Ebenen miteinander korrespondieren und sich nicht gegeneinander stören. Bei der Kombination muss beachtet werden, dass flächenhafte Inhalte gegenüber punkthaften und linienhaften Inhalten dominieren und den Gesamteindruck der Karte prägen. Zur Unterstützung der Schichtenwahrnehmung muss der flächenhafte Untergrund in hellen Farben dargestellt werden, während thematische Signaturen und Diagramme durch gesättigte Farbgebung in den Vordergrund treten. Schriften können sich in graue und schwarze Schriften in zwei visuellen Schichten ordnen.

Die visuelle Wahrnehmung von Darstellungsschichten ist nicht zwangsläufig an die Verwendung verschiedener kartographischer Darstellungsmethoden gebunden. In Flächenkartogrammen lassen sich Flächenraster über die Flächentöne legen, so dass nicht die Darstellungsmethoden sondern die Arten der Flächenfüllung kombiniert werden.

---

<sup>162</sup> Imhof, 1972, S. 203-204.

Aufgrund der Dateneigenschaften (positionsbezogene Messdaten) spielen in der Hydrologie natürlich Kombinationen mit Positionssignaturen oder lokalen Diagrammen die Hauptrolle. Positionssignaturen und Diagramme lassen sich sehr gut mit flächenhaften Darstellungen kombinieren. Dabei ist entscheidend, dass die Signaturen oder Diagramme graphisch stark betont werden, und die Flächen graphisch zurückgenommen werden. Als Beispiel kann die Karte der „Wasserstands- und Abflussmessstellen“ aus dem HAÖ dienen. Die akzentuierten Pegel heben sich klar vom Hintergrund ab.



Abb. 71: Kombination von Positionssignatur und Flächendarstellung<sup>163</sup>

In Abb.71 ist eine weitere wichtige Verknüpfung von Gestaltungsmittel zu beobachten, jene von Positionssignaturen mit der Kartenschrift. Für die Schriftpositionierung in Karten sind einige Regeln zu beachten.

Als Ideal gilt die Platzierung der Schrift rechts, etwas erhöht neben dem Kartenzeichen. Liegt die Positionssignatur auf der Grenzlinie zweier Flächen, wird die Schrift in jene Fläche gestellt, der die Signatur zuzuordnen ist. Positionssignaturen wird die Schrift ähnlich wie den Positionssignaturen zugeordnet. Linien und Liniensignaturen müssen parallel zum Linienvorlauf beschriftet werden. Die Schrift wird so ausgerichtet, dass sie von unten lesbar ist, ausgenommen von dieser Regel sind Höhenlinienzahlen und die Beschriftung anderer Isolinien. Größere Flächen werden in gesperrter oder größerer Schrift bezeichnet. Flächen werden zentral innerhalb der zu bezeichnenden Fläche beschriftet. In kleinen Flächen kann der Schriftzug über die Fläche hinausreichen oder daneben angeordnet werden.<sup>164</sup>

<sup>163</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2003, Kartentafel 5.1.

<sup>164</sup> Bollmann & Koch, 2002, S. 312-313.

### 6.6.2 Einfluss der Legendengestaltung

„Die begriffliche, meist hierarchische Ordnung des Karteninhalts muss sich in einer klaren Gliederung der Legende widerspiegeln“. Übersichtlich gegliederte Legenden lassen auf einen Blick erkennen, welche Darstellungsschichten eine Karte enthält. Zu diesem Zweck wird die Zeichenerklärung in Blöcke oder Spalten aufgeteilt, die jeweils einer Darstellungsebene entsprechen. Die Gliederung und Hierarchie der Ebenen kann mit Überschriften und Zwischentiteln verstärkt werden. Der erläuternde Text in der Zeichenerklärung muss knapp, aber treffend formuliert sein, vollständige Sätze, überflüssige Artikel, oder Wiederholung von Begriffen aus übergeordneten Textteilen sind zu vermeiden. „Die Erklärung steht im Singular, soweit nicht durch das erklärte Kartenzeichen tatsächlich eine räumliche Gruppierung mehrerer Objekte auszudrücken ist“.<sup>165</sup>

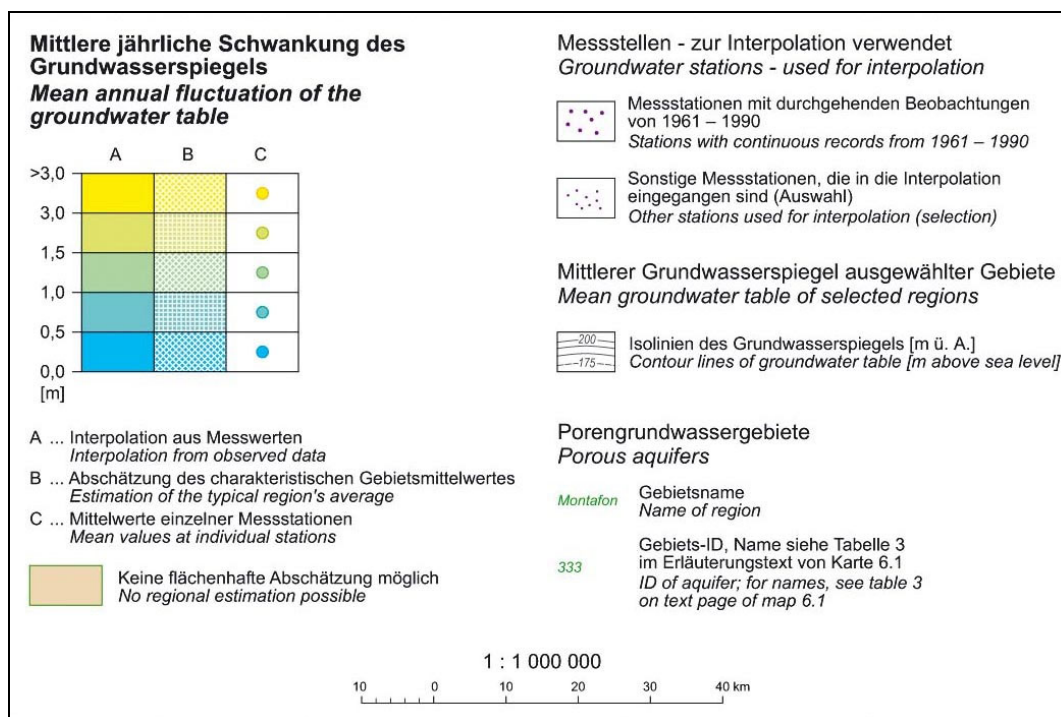


Abb. 72: Gliederung der Zeichenerklärung zur hierarchischen Ordnung der Darstellungsebenen<sup>166</sup>

Bei sehr komplexen Thematiken kann es vorkommen, dass die Zeichenerklärung zur Erklärung des Karteninhalts nicht ausreicht. In diesen Fällen kann mit Nebenkärtchen, Diagrammen, Tabellen und textlichen Information zur Klärung beigetragen werden. Diese Zusatzinformationen können direkt auf dem Kartenblatt angeordnet werden oder aber auf zusätzlichen Bei- bzw. Erläuterungsblättern stehen.

<sup>165</sup> Bollmann & Koch, 2002, S. 108.

<sup>166</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2003, Kartentafel 6.5.

### 6.6.3 Beispiele zur Kombination von Gestaltungsmittel aus dem HAÖ

#### Karte „Mittlere Schwankung des Grundwasserspiegels“

Die Grundwasserkarten aus dem HAÖ sind sehr komplexe Karten, in denen mehrere Gestaltungsmittel miteinander kombiniert werden. Punkte kennzeichnen die ca. 3000 Grundwassermessstellen. Die Größe der Punkte gibt Auskunft über die Länge der Datenreihe. Messstellen mit langen Datenreihen wurden zur Interpolation des Mittleren Flurabstands des Grundwassers herangezogen. Der Mittlere Flurabstand wird mit Intervallflächen dargestellt. Den Werteklassen ist eine assoziative Farbskala von blau (oberflächennahe anstehendes Grundwasser) bis gelb (tiefer Grundwasserstand) zugeordnet. Zusätzlich wird in den Grundwassergebiete mit Isolinien der Grundwasserspiegel abgebildet. Die Kombination von zwei Kontinua ist schwierig, aber möglich. Kartenschrift wird verwendet, um die Grundwassergebiete zu kennzeichnen.

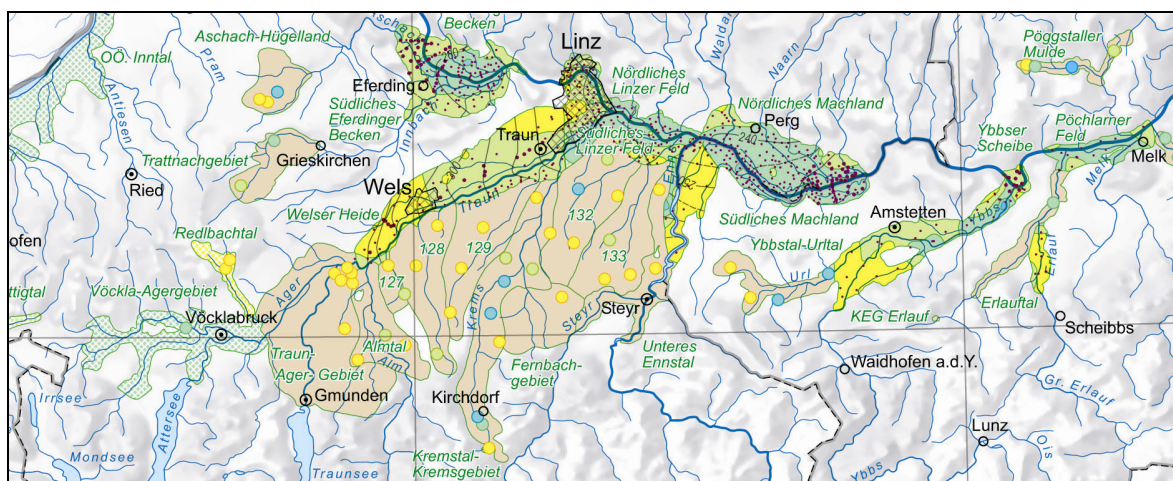


Abb. 73: Kombination von Punkt, Linie, Fläche, Signatur und Kartenschrift im HAÖ<sup>167</sup>

#### Karte “Hydrochemie nach Piper-Furtak“

Ein weiteres Beispiel aus dem HAÖ stellt die Kartentafel 8.3 aus dem HAÖ dar. Auch hier werden flächenhafte Elemente mit Positionssignaturen und Liniensignaturen verknüpft. Die geometrischen Positionssignaturen werden mit gesättigten Farben dargestellt, die Liniensignaturen mit schwarzer Farbe. Dadurch heben sie sich klar vom flächenhaften Untergrund ab und sind deutlich erkennbar. Bei der Variation der Farben für die Positionssignaturen musste beachtet werden, dass die Erkennung des Farbtones bei sehr kleinen Signaturen problematisch sein kann. Dadurch wird die Größe der

<sup>167</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2003, Kartentafel 6.4.

Positionssignaturen und die Anzahl der Objekttypen bestimmt. Der Gesamteindruck der Karte ist jedoch von der flächenhaften Darstellungsebene geprägt. Um diesen Eindruck zu minimieren, werden zur Visualisierung der Flächen helle Farben verwendet. Dies bringt jedoch den Nachteil mit sich, dass die Anzahl der Farbstufen sinkt, da Variationen nach der Farbhelligkeit nicht mehr möglich sind.

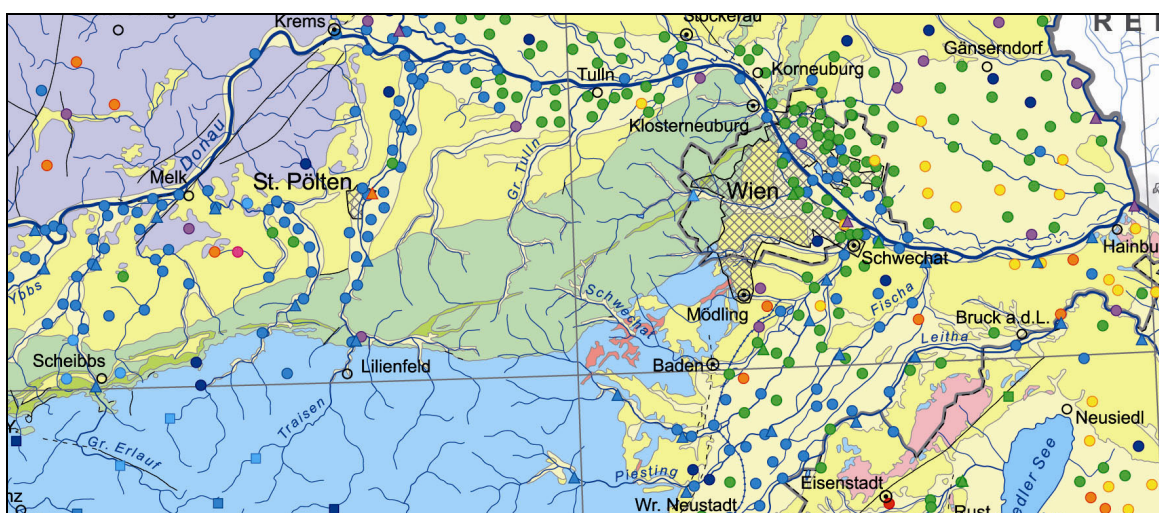


Abb. 74: Kombination von Positionssignatur, Liniensignatur und Fläche<sup>168</sup>

<sup>168</sup> Entnommen aus: BMLFUW, 2005, Kartentafel 8.3.

## 7 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit gibt einen Überblick über die Charakteristik hydrologischer Daten, erörtert deren Auswirkungen auf die topographische Grundkarte und untersucht Detailfragen der Fachdatenvisualisierung. Die in der Einleitung formulierten Fragestellungen werden in der Folge zusammengefasst beantwortet.

### Fragestellung 1

Hydrologische Daten sind in der Mehrheit Messdaten, die positionsbezogen gemessen und aufgezeichnet werden. Die so durch Wiederholungsmessungen entstehenden Zeitreihen müssen zur Wahrung der Qualität auf Konsistenz und Homogenität überprüft werden. Der Einsatz hydrologischer Informationssysteme gewährleistet die Qualitätssicherung bei der Weiterverarbeitung der Daten. Zur Weiterverwendung der Daten wird der Informationsgehalt der Zeitreihen durch Diskretisierung auf bestimmte Zeitabschnitte gemittelt. Die positionsbezogen gemessenen Daten können zur Visualisierung auf konkrete Gewässerabschnitte bezogen werden. Die Eigenschaften der Daten haben direkte Auswirkungen auf die Visualisierung der Grundkartenlemente und der Fachdaten.

### Fragestellung 2

Der Maßstabsbereich hydrologischer Karten wird vorrangig durch die Dichte der Messnetze bestimmt. Aufgrund der Datendichte ergeben sich somit Karten im mittleren und kleinen Maßstabsbereich. Die topographische Grundkarte hydrologischer Karten unterscheidet sich von anderen Grundkarten in folgenden Punkten:

- Die Messstationen liegen direkt an den fließenden und stehenden Gewässern. Deshalb und aufgrund der Tatsache, dass das Gewässernetz bei hydrologischen Karten nicht nur der Orientierung dient, sondern in vielen Fällen auch der Träger der eigentlichen Information ist, muss es außerordentlich dicht und in guter geometrischer Qualität dargestellt werden.
- Die Hydrologie beschäftigt sich mit naturräumlichen Phänomenen. Bei vielen hydrologischen Themen trägt eine gelungene Geländedarstellung wesentlich zum Verständnis des Karteninhaltes bei und ist deshalb ein wichtiger Bestandteil jeder Grundkarte.

- Beim Namengut stehen natürlich die Gewässernamen im Vordergrund. Der hohen Dichte des Gewässernetzes folgend, wird auch der Beschriftung der Gewässer in hydrologischen Karten besondere Aufmerksamkeit geschenkt.

### **Fragestellung 3**

Ausgehend von den Fachdaten eignen sich bestimmte kartographische Darstellungsmethoden für deren Visualisierung. Zur Visualisierung der Messnetze werden Positionssignaturen verwendet. Für die Darstellung der Daten (Quantitäten) eignen sich Diagramme, im Besonderen Kurvendiagramme. Sollen die Daten auf die Gewässerabschnitte bezogen dargestellt werden, werden Liniensignaturen und Banddarstellungen eingesetzt. Durch Interpolation der Messdaten können auch flächenhafte Darstellungen angewendet werden. Als geometrische Bezugsflächen von Flächenkartogrammen, werden in der Hydrologie vorzugsweise Einzugsgebiete herangezogen.

Für die Darstellung der Wasserstands- und Abflussmessstellen werden spezielle Signaturen verwendet. Die „Pegelsymbole“ sind bildhafte Positionssignaturen und geben die Lage und die Art der Messung an. Die Lageangabe erfolgt durch die Kilometrierung, einer eindimensionalen Positionsbeschreibung. Durch die Position der Signatur zur Gewässerlinie, wird das Ufer angegeben an der sich die Messstation befindet. Durch die Variation der Form, Füllung oder Farbe der Signatur, können Aussagen über den Messgerätetyp, das Jahr der Errichtung oder über den Weg der Informationsübermittlung getroffen werden.

Die wichtigste graphische Variable in der Hydrologie ist der Farbton. Obwohl es keine Konventionen oder Richtlinien für die einheitliche Verwendung von Farben in hydrologischen Karten gibt, haben sich für bestimmte Themen konventionsähnliche Farbskalen eingebürgert. Als Beispiel dient die Darstellung der biologischen Gewässergüte, mit der Farbfolge Rot – Orange – Gelb – Grün – Blau. Die Farbwahl in der Hydrologie ist stark durch die assoziative Farbgebung geprägt. Blau und Grün wird mit feucht und nass in Verbindung gebracht, während Rot und Orange mit trocken assoziiert wird. Müssen sehr viele Werteklassen visualisiert werden, kann auf die Spektralfarbbreite zurückgegriffen werden. Sie ermöglicht die Darstellung von bis zu 20 unterscheidbaren Farbabstufungen. In Abhängigkeit von den Wertebereichen (positiv, negativ) werden zur Visualisierung unipolare oder bipolare Farbskalen verwendet.

Viele hydrologische Größen weisen eine ausgeprägte Saisonalität auf. Für die kartographische Darstellung dieses interessanten Phänomens, eignen sich lokale Diagramme. Gebräuchlich sind Kurvendiagramme oder Polardiagramme. Durch Interpolation der Saisonalitätsparameter werden flächenhafte Darstellungen ermöglicht. Durch die flächenhafte Darstellung können räumliche Zusammenhänge besser erkannt werden als durch lokale Diagramme. Ausschlaggebend für die Interpolation sind jedoch dichte Messnetze. Nur dann kann sinnvoll und aussagekräftig interpoliert werden. Die saisonale Entwicklung kann auch in Form von Kartenfolgen wiedergegeben werden.

Hydrologische Karten sind in der Mehrheit sehr komplexe Karten. Die Thematik wird oft durch mehrere Informationsebenen wiedergegeben. Dies führt zu sehr umfangreichen und komplexen Zeichenerklärungen. Durch Klassifikation und Typenbildung entstehen synthetische Karten. Die Synthese muss bei der Nutzung der Karte klar sein. Auch dies erfordert umfangreiche Erklärungen in der Legende, oder einer begleitenden Information eines Textes.

Die Komplexität hydrologischer Karten, führt automatisch zur Kombination von Gestaltungsmitteln. Bei der Kombination von Gestaltungsmitteln muss darauf geachtet werden, dass die einzelnen Gestaltungselemente gut miteinander wirken und sich nicht gegenseitig stören. Aufgrund der Eigenschaften der Daten stehen Kombinationen mit Positionssignaturen und lokalen Diagrammen im Vordergrund. Auch die Kombination mit der Kartenschrift ist von Bedeutung. Die Kartenschrift wird nicht nur zur Identifikation von Objekten, sondern oft auch zu deren Quantifizierung eingesetzt. Die Unterscheidbarkeit der einzelnen Darstellungsebenen kann durch geschickte Legendengestaltung, durch Gliederung in Blöcke oder Spalten und Gliederung mit Zwischenüberschriften, unterstützt werden. Mit Nebenkärtchen, Diagramme, Tabellen und textliche Informationen im Kartenfeld oder auf beiliegenden Erläuterungsblättern kann der Karteninhalt zusätzlich erläutert werden.



---

## Literaturverzeichnis

ARNBERGER E. (1966): Handbuch der thematischen Kartographie. Wien. Franz Deuticke.

ARNBERGER E. & KRETSCHMER I. (1975): Wesen und Aufgaben der Kartographie – Topographische Karten. Band I der Enzyklopädie „Die Kartographie und ihre Randgebiete“. Wien.

BACK O. (1997): Fragen der Wiedergabe fremdsprachlicher geographischer Namen durch Exonyme oder durch Umschriftung. In: Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie. Band 10. Wien. S. 55-63.

BARTELME N. (2005): Geoinformatik – Modelle, Strukturen, Funktionen. 4. Auflage. Berlin – New York, Springer Verlag.

BAUMGARTNER A. & LIEBSCHER H.J. (1990): Allgemeine Hydrologie - Quantitative Hydrologie. 2. Auflage. Berlin – Stuttgart. Gebrüder Borntraeger.

BERTIN J. (1967): Sémiologie graphique. Paris, Monton & Gauthier-Villars. 431 S. – Deutsche Übersetzung (1974), Graphische Semiologie – Diagramme, Netze, Karten. Berlin – New York. Walter de Gruyter.

BOLLMANN J. & KOCH W.G. (2001, 2002): Lexikon der Kartographie und Geomatik in zwei Bänden. Band 1 (2001), A bis Karti. Band 2 (2002), Karto bis Z. Heidelberg – Berlin. Spektrum Akademischer Verlag.

BAFU (ed.) (1992, 1995, 1997, 1999, 2001, 2002, 2004, 2007): Hydrologischer Atlas der Schweiz (HADES). Bundesamt für Umwelt, Abteilung Hydrologie. Bern.

BMLFUW (2002): Flächenverzeichnis der österreichischen Flussgebiete. Hydrographisches Zentralbüro. Wien.

BMLFUW (ed.) (2003, 2005, 2007a): Hydrologischer Atlas Österreichs (HAÖ). Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. ISBN 3-85437-250-7.

---

BMLFUW (2007b): Hydrographisches Jahrbuch von Österreich 2004. Hydrographisches Zentralbüro. Wien.

BMU (ed.) (2000, 2001, 2003): Hydrologischer Atlas von Deutschland (HAD). Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Bonn.

BREU J. (1990): Atlas der Donauländer. Ein Rückblick des Redakteurs. In: Internationales Jahrbuch für Kartographie. Band 30. S. 33-49.

BREU J. (1997): Die Bedeutung der geographischen Namen und ihre Standardisierung auf nationaler und internationaler Ebene. In: Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie. Band 10. Wien. S. 11-13.

CASPARY W. (1992): Qualitätsmerkmale von Geodaten. In: Zeitschrift für Vermessungswesen, 117. S. 360-367.

FREITAG U. (1987): Die Kartenlegende – nur eine Randbeigabe? In: Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen. Reihe C – Kartographie. Band 13. S. 153-161.

FÜRST J. (2004): GIS in Hydrologie und Wasserwirtschaft. Heidelberg, Wichmann.

FÜRST J. & NACHTNEBEL H.P. (2000): Hydrologischer Atlas von Österreich – Prototyp und Zielsetzungen. Projektbericht des IWHW der Universität für Bodenkultur. Wien.

FÜRST J. & NACHTNEBEL H.P. & NOBILIS F. (2005): Der Hydrologische Atlas Österreichs: Von der Idee zum Produkt. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, 57, 5/6, S. 79-87.

GARTNER G. (1997): Namengut und Schriftgestaltung in der Kartographie. In: Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie. Band 10. Wien. S. 119-130.

GODINA R. (2002a): Überblick über Daten und Datenarchive im Hydrographischen Dienst für Österreich. In: Niederschlag-Abfluss-Modellierung. Simulation und Prognose. Wiener Mitteilungen Wasser - Abwasser - Gewässer, Band 164, S.119-128, Wien.

GODINA R. (2002b): Richtlinien für die Messung an Pegeln oberirdischer Gewässer. In: Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich. Nr. 81. Wien.

---

HAAR U. De (1974): Beiträge zur Frage der wissenschaftssystematischen Einordnung und Gliederung der Wasserforschung. In: Beiträge zur Hydrologie 2. S. 85-100.

HAAR U. De (1978): Hydrologischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland. Hrsg. im Auftrag der Deutschen Forschungsgemeinschaft unter der Gesamtleitung von Reiner Keller. Harald Boldt Verlag, Boppard.

HAKE G. & GRÜNREICH D & MENG L. (2002): Kartographie. 8. Auflage. Berlin – New York. Walter de Gruyter.

HANLE A. (1997): Toponymische Redaktion von Kartenwerken, Exonyme und Änderungen von Namen. In: Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie. Band 10. Wien. S. 74-78.

IMHOF E. (1972): Thematische Kartographie. Berlin – New York. Walter de Gruyter Verlag.

JENSCH G. (1969): Zum Grundprinzip der Zuordnung von Farbe, Form und Sachverhalt in thematischen Karten. In: Untersuchungen zur thematischen Kartographie. Hannover. S. 27-42.

JORDAN P. (1997): Toponymische Redaktion von Kartenwerken am Beispiel des Atlases von Ost- und Südosteuropa. In: Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie. Band 10. Wien. S. 79-85.

KAINZ W. (1999): Qualitätsaspekte bei der Bearbeitung und Verwendung von Geodaten. In: Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie. Band 12. Wien. S. 82-90.

KARNER C. & KUGI W. (1998): Kosten und Nutzen hydrographischer Daten – Fallbeispiele aus Österreich. In: Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich. Nr. 77. Wien. S. 1-30.

KELNHOFER F. (1980): Darstellungs- und Entwurfsproblematik in topographischen Karten mittlerer Maßstäbe. In: Forschungen zur theoretischen Kartographie. Band 5.

KRETSCHMER I. (1972): Die Redaktion von Fachatlanten. In: Internationales Jahrbuch für Kartographie. Band 12. S. 45-62.

KRETSCHMER I. (1989): Die Entwicklung der Methodenlehre der thematischen Kartographie bis in die 1960er Jahre. In: Bericht u. Information Nr. 12 des Instituts für Kartographie der Österreichischen Akademie der Wissenschaft.

KRETSCHMER I. (2004): Österreichische Kartographie – Von der zweiten Landesaufnahme (1806) bis zur Gegenwart (2004). In: Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie. Band 15. Wien. S. 168-289.

KRETSCHMER I. & DÖRFLINGER J. & WAWRIK F. (1986): Lexikon zur Geschichte der Kartographie. Band C/1 und C/2 der Enzyklopädie „Die Kartographie und ihre Randgebiete“. Wien.

KRETSCHMER I. & STANI-FERTL R. (2008): Geographisches Namengut und seine Verwendung. In: Kartographische Nachrichten, 58, 3, S. 122-129. Bonn, Kirschbaum Verlag.

MAIDMENT D.R. (1993): Developing a spatially distributed unit hydrograph by using GIS. In: IAHS Publication No. 211: Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management (HydroGIS 93). Wallingford, UK: IAHS Press.

MANIAK U. (2005): Hydrologie und Wasserwirtschaft. Eine Einführung für Ingenieure. Springer Verlag, Berlin – Heidelberg.

MAYER F. (1993): Thematische Kartographie heute – Impulse / Zukunftsaspekte. In: Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie. Band 6. Wien. S. 137-150.

MECKEL H. (1996): Das Topographische Modell im Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen. In: Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie. Band 9. Wien. S. 9-11.

MECKEL H. (1997): Toponymische Datenbanken in Österreich. In: Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie. Band 10. Wien. S. 86-97.

MERZ R. & BLÖSCHL G. (2003): Saisonalität hydrologischer Größen in Österreich. In: Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich. Nr. 82. Wien. S. 41-58.

---

MUV (ed.) (2001, 2004, 2007): Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg (WaBoA). Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg. Stuttgart.

NACHTNEBEL H.P. & FÜRST J. (1997): Hydrologischer Atlas von Österreich – Machbarkeitsstudie und Ausführungsplan. Projektbericht des IWHW der Universität für Bodenkultur. Wien.

NOBILIS F. (2000): Der Hydrographische Dienst in Österreich im 21. Jahrhundert. In: Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich. Nr. 79. Wien. S. 1-24.

Österreichisches Normungsinstitut (2003): ÖNORM B 2400 – Hydrologie, Hydrographische Fachausdrücke und Zeichen. Wien.

PFAUNDLER M. & WÜTHRICH T. (2006): Saisonalität hydrologischer Extreme. Das zeitliche Auftreten von Hoch- und Niederwasser in der Schweiz. In: Wasser, Energie, Luft. Heft 2.

POHL H.D. (1997): Zur Schreibung der geographischen Namen Österreichs im Lichte der bevorstehenden Rechtschreibreform. In: Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie. Band 10. Wien. S. 103-109.

SCHREIBER H. (1994): Der Hydrographische Dienst in Österreich. Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. In: Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft. 46, 3/4, S. 43-50.

STANI-FERTL R. (2001): Exonyme und Kartographie. Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie. Band 14. Institut für Geographie und Regionalforschung der Universität Wien. Kartographie und Geoinformation. Wien.

SPIESS E. (1997): Standardisierung geographischer Namen in mehrsprachigen Gebieten. In: Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie. Band 10. Wien. S. 43-54.

WITT W. (1967): Thematische Kartographie. Methoden und Probleme, Tendenzen und Aufgabe In: Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung. Band 49. Hannover. 384 S.

WITT W. (1979): Lexikon der Kartographie. Band B der Enzyklopädie „Die Kartographie und ihre Randgebiete“. Wien, Deuticke.

WMO (1994): Guide to Hydrological Practices. Genf. WMO No. 168.

## Lebenslauf

Roland Herndler

Geboren am 28.07.1974 in Kirchdorf an der Krems



### Ausbildung

- 1980 - 1984 Volksschule Pettenbach
- 1984 - 1988 Hauptschule Pettenbach
- 1988 - 1993 Höhere Technische Lehranstalt Wels – Elektrotechnik
- 1993 Reifeprüfung
- 1994 Inskription an der Technischen Universität Wien – Elektrotechnik
- 1995 Inskription an der Universität Wien - Kartographie

### Präsenzdienst

- 1993 - 1994 Absolvierung des Präsenzdienstes in Wels

### Berufliche Tätigkeiten

- 1988 - 1995 Diverse Ferialpraktika
  - 1998 Ferialpraktikum Verlag Ed. Hölzel
  - 1999 Ferialpraktikum Verlag Ed. Hölzel
- 1999 - 2001 Tutor am Institut für Geographie und Regionalforschung
  - 2000 Kartographische Arbeiten für den Wanderführer „Winterwandern & Schneeschuhwandern“ von Csaba Szépfalusi, Pichler Verlag, Wien, 2000.
  - 2001 Kartographische Arbeiten für den Wanderführer „Die Wiener Hausberge“ von Adolf Mokrejs, Pichler Verlag, Wien, 2001
  - 2002 Kartographische Arbeiten für den Kletterführer „Schneeberg & Rax“ von Csaba Szepfalusi u. Karel Kriz, Styria Verlag, Wien, 2002
- 2002 - 2007 Studienassistent am Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, Universität für Bodenkultur Wien
  - Projekt „Hydrologischer Atlas Österreichs“
  - 2002 Kartographische Arbeiten an der „Ereignisdokumentation - Hochwasser August 2002“ von H. Habersack und A. Moser. ZENAR in Zusammenarbeit mit den BMLFUW, Wien, 2002.
  - 2006 Kartographische Arbeiten an der „Hochwasser 2005 – Ereignisdokumentation“ von Helmut Habersack & Gerald Krapesch. ZENAR in Zusammenarbeit mit den BMLFUW, Wien, 2006.

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich versichere, dass ich die hier vorgestellte Diplomarbeit selbstständig verfasst, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie alle wörtlich oder sinngemäß übernommenen Stellen aus anderen Quellen in der Arbeit gekennzeichnet habe.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht. Die vorliegende Fassung entspricht der elektronisch eingereichten Version.

---

Datum

---

Unterschrift