

Abbildung 22 zeigt diese Jahrgänge für alle verwendeten Stationen, wobei tiefliegende Stationen in dunklen Farben und höher liegende Stationen in helleren Farben dargestellt sind. Es ist deutlich zu sehen, dass nicht nur jeder Standort für sich einen starken Jahrgang aufweist, sondern auch die Höhengradienten einem Jahrgang unterworfen sind. Wäh-

rend von März bis September ET_0 mit der Höhe deutlich abnimmt, tritt in den Wintermonaten ein weit geringerer und entgegengesetzter Gradient mit tendenziell höheren Werten in höheren Lagen auf. Im Jahresmittel ergibt sich daraus der in *Abbildung 21* dargestellte negative Höhengradient.

Durchschnittliche Jahressumme der potentiellen Verdunstung (ET_0)

Periode 2008 bis 2014

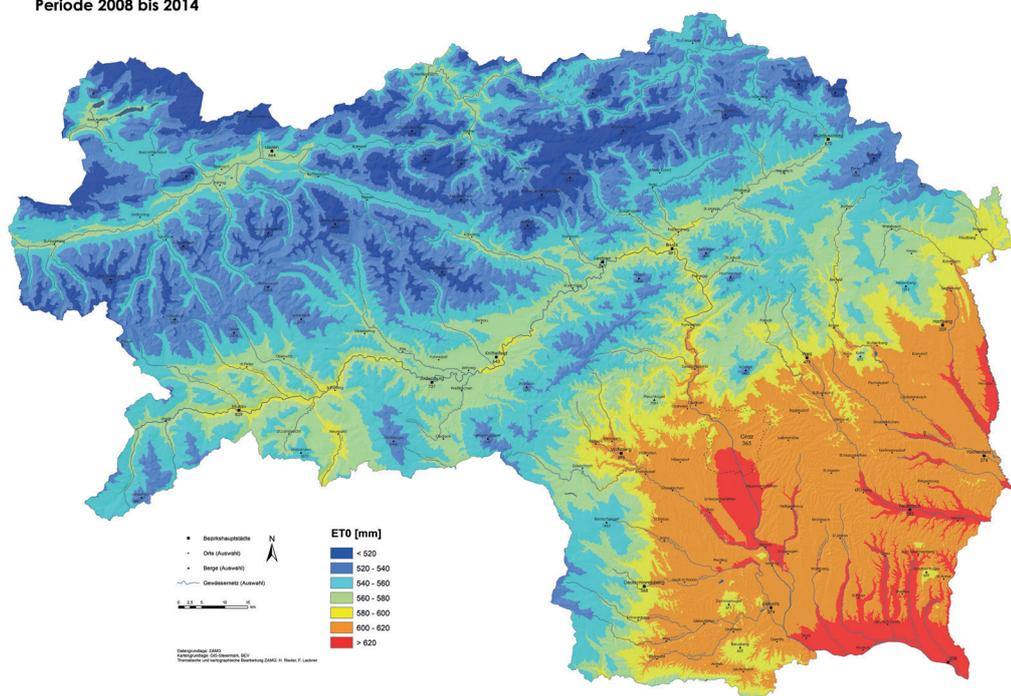


Abbildung 23:
Räumliche Verteilung der mittleren Jahressumme von ET_0 in der Steiermark [mm].
Periode: 2008–2014.
(Quelle: ZAMG)

In *Abbildung 23* ist das Hauptergebnis der Studie, die räumliche Verteilung der mittleren Jahressumme der Referenz Evapotranspiration ET_0 in der Steiermark für die Periode 2008–2014 dargestellt. Die Jahressummen bewegen sich im Bereich von

510 mm bis 630 mm und weisen neben der starken Höhenabhängigkeit auch einen positiven Nord-Süd-Gradienten auf, was beispielsweise durch geringere Werte im Oberen Ennstal als im Oberen Murtal zum Ausdruck kommt.

4 OBER- UND UNTERIRDISCHER ABFLUSS

4.1 TYPISIERUNG DER ABFLUSSREGIME

Im Gewässernetz der Steiermark wurden 5 Pegelmessstellen, welche durchgehende Abfluss-

messreihen von mindestens 40 Jahren aufweisen, für eine Abflusstypisierung herangezogen.

4.1.1 EINFACHE ABFLUSSREGIME

4.1.1.1 GEMÄSSIGT NIVALES REGIME (GEN)

Das Regime ist gekennzeichnet durch die abflussstärkste Periode im Mai (GEN5) oder Juni (GEN6) und ein Abflussminimum im Winter. Die Speisung der Gewässer ist überwiegend nival, die Periode der Schneeschmelze ist das bedeutendste hydrologische Ereignis im Jahresgang.

Als Beispiel wird in *Abbildung 24* für ein gemäßigt nivales Abflussregime (GEN5) Enns bei Admont angeführt.

4.1.2 KOMPLEXE ABFLUSSREGIME

4.1.2.1 SOMMERPLUVIALES REGIME (SOP)

Charakteristisch sind Abflussmaxima im Sommer, die nicht durch glazialen Einfluss verursacht werden. Der Grund liegt in kräftig ausgebildeten Sommerniederschlägen, die trotz

der hohen Verdunstung selbst im langjährigen Mittel abflusswirksam sind. Nivale Einflüsse sind in einem Ansteigen der Abflusskurve im März und April erkennbar und bilden das sekundäre Maximum (*Abbildung 25*, Pegel 3701, Kainach bei Lieboch). Herbstliche Niederschläge in Verbindung mit abnehmender Verdunstung können zu einer dritten Abflussspitze führen.

4.1.2.2 WINTERNIVALES REGIME (WIN)

Das winternivale Regime ist den einfachen Abflussregimen sehr verwandt. Das nival gesteuerte Hauptmaximum tritt zwischen Mai und Juli auf. Ein zweites, allerdings nur sehr gering ausgeprägtes Maximum ist, durch direkt abflusswirksame Niederschläge bzw. vorübergehende Tauperioden bedingt, im Winter vorhanden (*Abbildung 26*, Pegel 1610, Erzbach in Hief lau).

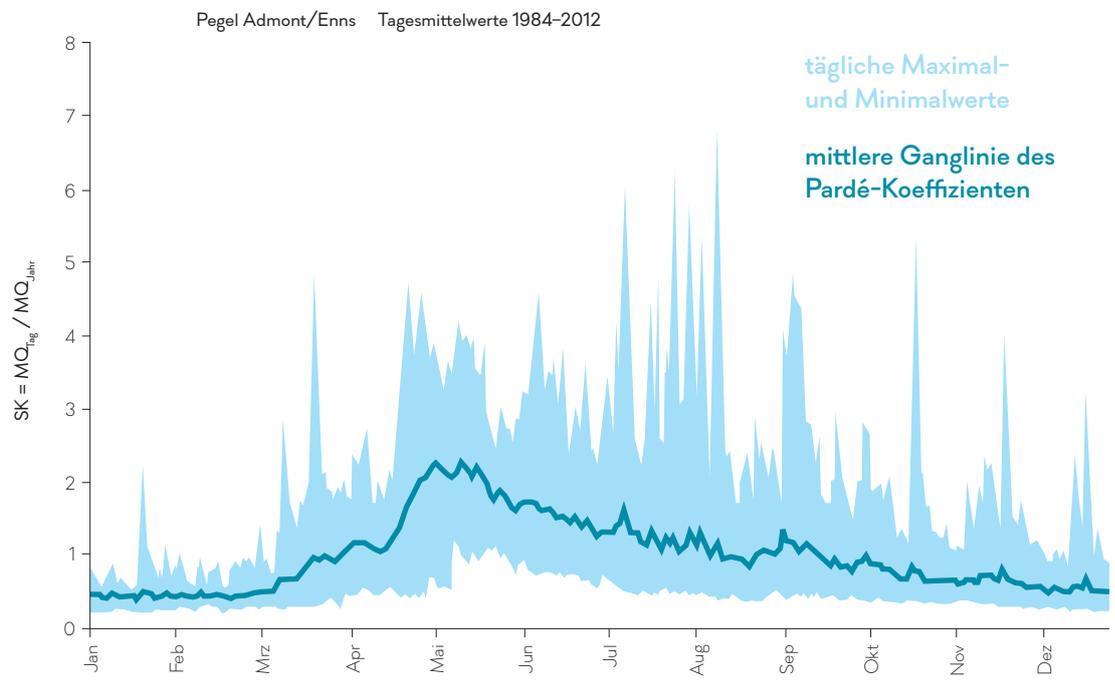


Abbildung 24:
Beispiel für ein gemäßigt nivales Abflussregime (GEN5), Enns bei Admont. (Quelle: Abt.14/Hydrographie)

4.1.2.3 NIVO-PLUVIALES REGIME (NIP)

Das sommerstarke nivo-pluviale Regime ist durch ein sekundäres Maximum, das durch verstärkte Niederschläge in den Sommermonaten (meist Juni und Juli) verursacht wird, gekennzeichnet. Das Minimum ist im Herbst bzw. Frühwinter ausgebildet (Abbildung 27, Pegel 1640, Salza bei Gußwerk).

4.1.2.4 PLUVIO-NIVALES REGIME (PLN)

Das ausgeglichene pluvio-nivale Regime zeigt eine relativ gleichmäßig über das Jahr verteilte Ganglinie durch mildere Winter mit immer wieder auftretenden Schneeschmelzvorgängen, deren Einfluss die Jahresganglinie nicht dominiert (Abbildung 28, Pegel 4060, Raab in Takern).

4.1.3 ZUSAMMENSTELLUNG DER ERGEBNISSE

Die Tabelle 5 zeigt das Ergebnis der Typisierung von 24 Pegelmessstellen in der Steiermark. Neben Maxima und Minima der mittleren Jahresganglinie (SK_{max} und SK_{min}) sind die Größe des Einzugsgebietes, der mittlere Abfluss über den Beobachtungszeitraum und die mittlere Abflussspende angeführt. Es ist zu beachten, dass Übergangsbereiche zwischen den einzelnen Regimen fließend sind. Auffallend ist dies besonders bei Regime GEN und WIN.

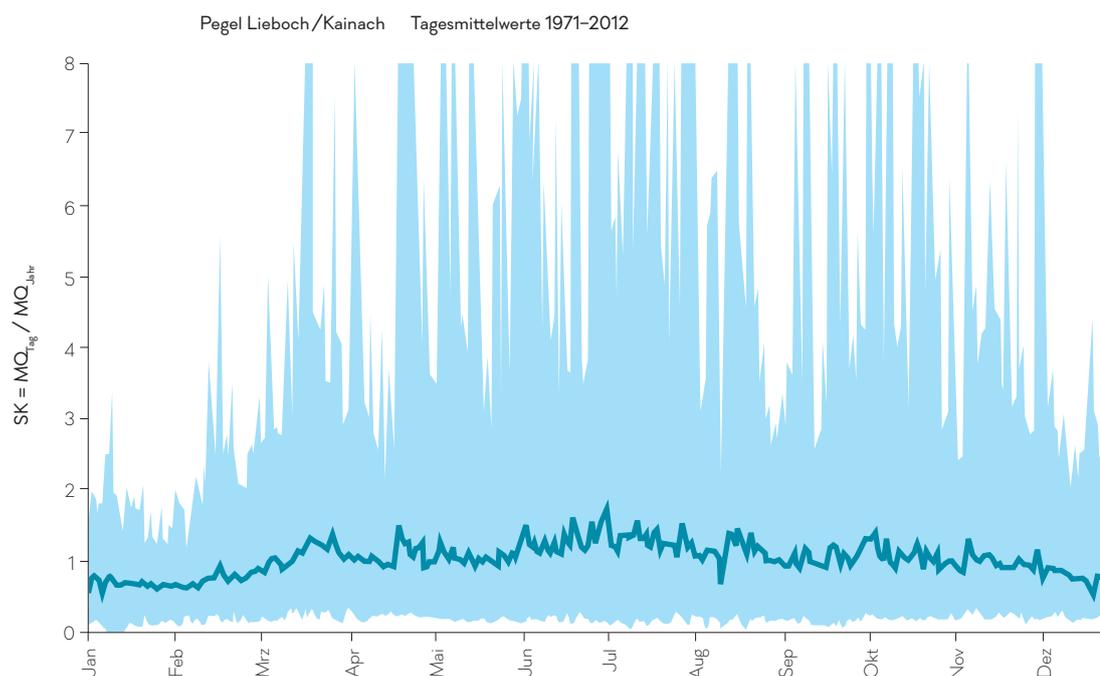


Abbildung 25:
Beispiel für ein sommerpluviales Regime (SOP), Kainach bei Lieboch. (Quelle: Abt.14/Hydrographie)

Abbildung 26:
Beispiel für ein winter-
navales Regime (WIN),
Erzbach bei Hieflau.
(Quelle: Abt.14/Hydro-
graphie)

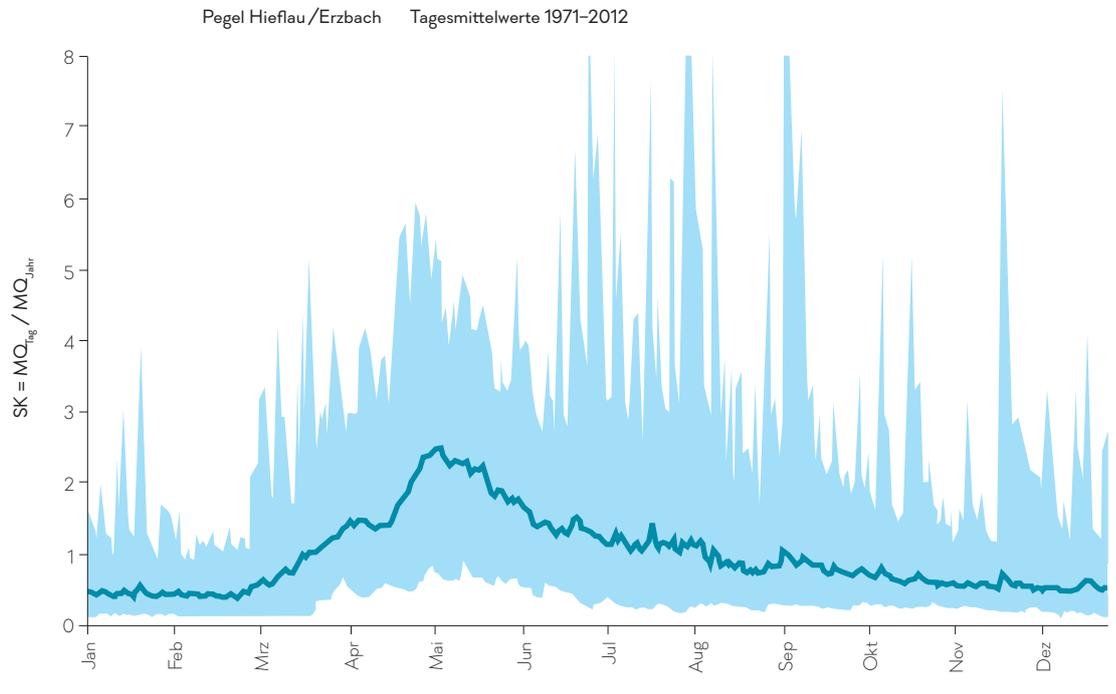
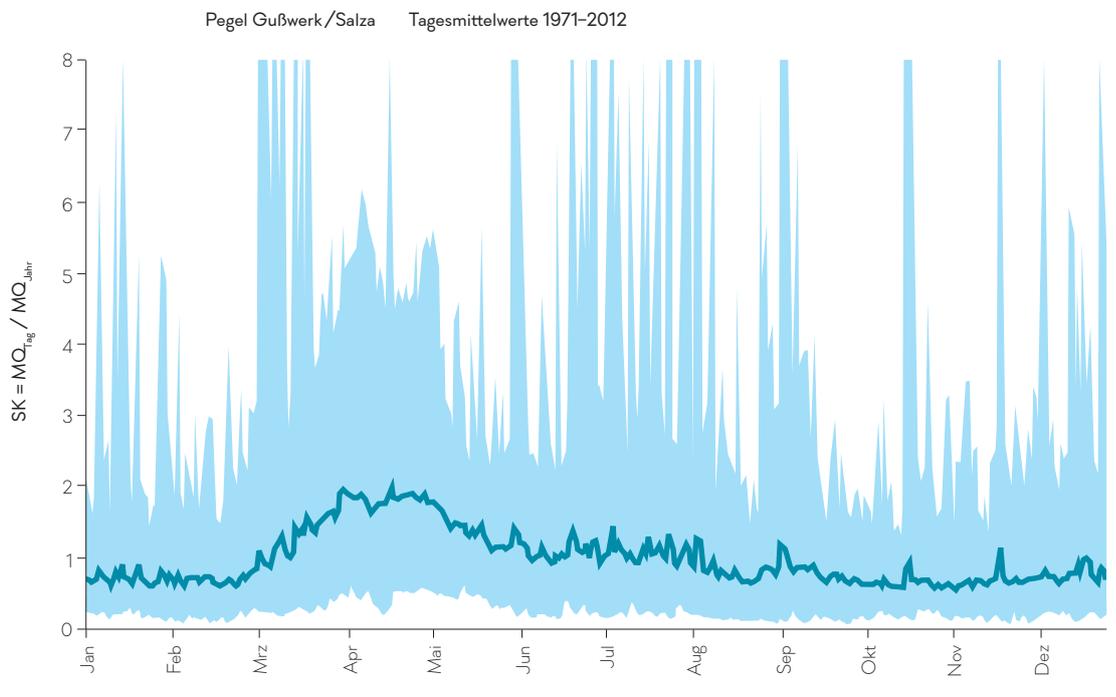


Abbildung 27:
Beispiel für ein sommer-
starkes nivo-pluviales
Regime (NIP), Salza bei
Gußwerk. (Quelle:
Abt.14/Hydrographie)



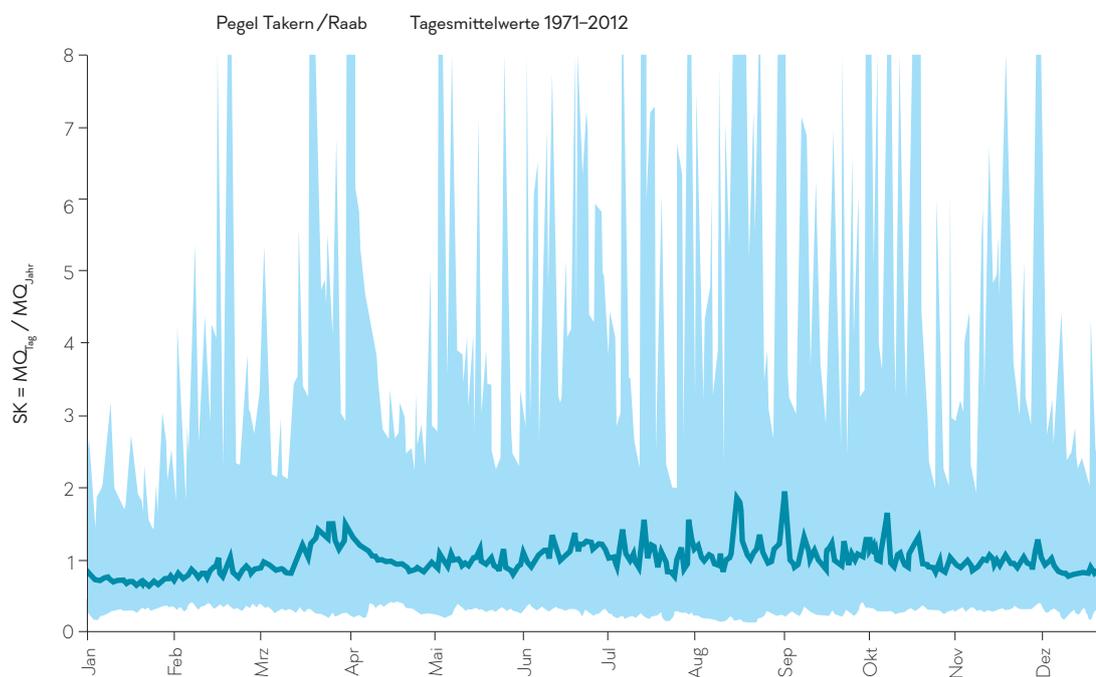


Abbildung 28:
Beispiel für ein ausgeglichenes pluvio-nivales Regime (PLN), Raab bei Takern. (Quelle: Abt.14/Hydrographie)

BEISPIELE FÜR TYPISIERUNG STEIRISCHER FLIESSGEWÄSSER

Pegel Nr.	Pegel	Gewässer	Messreihe	EZG [km ²]	MQ [m ³ /s]	Mq [l/s*km ²]	Pardekoefizient		Regime	Charakter
							SK _{max}	SK _{min}		
1554	Admont	Enns	1984-2012	2.638	60,3	22,9	2,27	0,41	GENS	ausgeprägt
1610	Hieflau	Erzbach	1971-2012	251	9,4	37,5	2,49	0,43	WIN	deutlich
1640	Gußwerk	Salza	1971-2012	280	7,2	25,7	1,96	0,56	NIP	sommerstark
3701	Lieboch	Kainach	1971-2012	756	9,3	12,3	1,68	0,53	SOP	deutlich
4060	Takern	Raab	1971-2012	499	4,0	8,0	1,92	0,62	PLN	ausgeglichen

Tabelle 5:
Typisierung steirischer Fließgewässer
modifiziert nach M. PARDÉ (1947) und T. STEIDL (1991).

Die Pegel im Bereich der oberen Mur und oberen Enns zeigen ein gemäßigt nivales Regimeverhalten. Die Einzugsgebiete sind durchwegs im Bereich der Niederen Tauern und der Nördlichen Kalkalpen mit starkem Einfluss der Schneeschmelze gelegen (siehe Pegel Admont/Enns), wobei das Regime als ausgeprägt bezeichnet werden kann. An der unteren Mur zeigt das Regime bedingt durch die Zuflüsse aus tiefer gelegenen Teileinzugsgebieten nur noch gering gemäßigt nivales Charakter.

Der Pegel Hieflau/Erzbach kann als Übergangsbereich angesehen werden. Östlich dieser Station nimmt die mittlere Höhe der Einzugsge-

biete langsam ab und damit auch der Einfluss der Schneeschmelze. Das Abflussverhalten der Fließgewässer im Einzugsgebiet von Salza und Mürz zeigt ein deutliches nivopluviales Verhalten (siehe Pegel Gußwerk/Salza). Neben der Schneeschmelze fallen hier verstärkt Niederschläge in den Sommermonaten ins Gewicht.

Unterschiedliche Regime zeigen die Gewässer in der Weststeiermark. Während die Sulm einen gering gemäßigt nivales Charakter aufweist, ist das Regime von Kainach (siehe Pegel Lieboch/Kainach) sommerpluvial. Im Einzugsgebiet der Sulm, das bis an die Landesgrenze auf der Koralpe reicht, ist die Schneeschmelze auffallend.

Dagegen tritt die Bedeutung der Schneeschmelze im Mai an der Kainach in den Hintergrund, sommerliche Niederschläge prägen den Abflusscharakter.

Die Gewässer im oststeirischen Hügelland zeigen durchwegs ein ausgeglichenes pluvio-nivales Verhalten. Die Schwankungen der Jahresganglinien sind gering. Grund dafür sind vor allem die gleichmäßig über das Jahr verteilten Niederschläge und eine mäßig hohe Schneedecke im Winter (siehe Pegel Takern/Raab).

In der Steiermark konnten somit insgesamt fünf Abflussregime differenziert werden. Der nördliche, gebirgige Teil ist durch ein gemäßigt nivales Regimeverhalten gekennzeichnet, das nach Osten allmählich in ein nivo-pluviales Verhalten übergeht. Dazwischen treten Übergangsformen in Form von winternivalen Regimen auf. Die Gewässer im südlichen Landesteil, insbesondere im Steirischen Tertiärbecken, fallen durch ausgeglichene pluvio-nivale und sommerpluviale Regime auf.

4.2 REGIONALISIERUNG DER ABFLÜSSE

4.2.1 EINLEITUNG

Die Aussagen aus Kapitel 3.2.1 des Wasserversorgungsplanes Steiermark aus dem Jahr 2002 haben nach wie vor Gültigkeit, daher wurden sie unverändert im Kap. 4.2.2 übernommen.

In Kapitel 4.2.2.1 werden die Mittelwasserspenden für die Periode 1987–2012 in der Steiermark dargestellt (*Abbildung 31*), in Kapitel 4.2.2.2 werden die Änderungen, die sich in der Mittelwasserspende für die Periode 1987–2012 im Vergleich zu der im Wasserversorgungsplan 2002 verwendeten Periode 1971–1996 ergeben haben, tabellarisch und grafisch gezeigt (*Tabelle 6* und *Abbildung 32*).

Die Aussagen aus Kapitel 3.2.2 des Wasserversorgungsplanes Steiermark 2002 wurden in das nunmehrige Kapitel 4.3 unverändert übernommen, da die Kernaussagen nach wie vor Gültigkeit haben.

4.2.2 DIE BEZIEHUNG ABFLUSSPENDE/SEEHÖHE IN DER STEIERMARK

Aufgrund der sehr heterogenen klimatischen und geologischen Verhältnisse in der Steiermark ist eine Differenzierung in Teilgebiete mit unterschiedlichen Spendenlinien notwendig. Aus der klimatologisch-hydrologischen Analyse der Daten ergaben sich insgesamt 6 Teilgebiete mit unterschiedlichen Spenden-Höhen-Beziehungen:

- Weststeiermark Süd: Südlichster Teil der Koralpe und Remschnigg
- Weststeiermark Nord: Nördliche Koralpe, Südabfall des Steirischen Randgebirges und Grazer Bergland westlich der Mur, Weststeirisches Tertiärbecken
- Oststeiermark bis Mürztal: Oststeirisches Tertiärbecken, Steirisches Randgebirge östlich der Mur, Einzugsgebiet der Mürz mit Ausnahme der nördlichen Teilgebiete in den Nördlichen Kalkalpen
- Gesamteinzugsgebiet des Oberen Murtales bis Bruck a. d. Mur
- Niedere Tauern Nord: Nordabfall der Niedere Tauern und Einzugsgebiet der Palten
- Nördliche Kalkalpen

Die derartig geschätzten Abflussspenden- (in l/s km²) bzw. Abflusshöhenlinien für die Steiermark sind in *Abbildung 29* und *Abbildung 30* für Mittelwasser (Mq) und mittleres Niedrigwasser (MoMNq) dargestellt.

Völlig aus dem Rahmen fallen naturgemäß praktisch alle Teileinzugsgebiete der Nördlichen Kalkalpen. Aufgrund der großen verkarsteten Flächen sind oft sehr große Unterschiede zwischen den orographisch abgegrenzten tatsächlichen Einzugsgebieten gegeben. Aufgrund der falschen Bezugsflächen sind die berechneten Abflussspenden bzw. -höhen je nach den lokalen unterirdischen Entwässerungsrichtungen im Karst in beträchtlichem Ausmaß zu hoch

oder zu gering (vgl. Abweichung der Punkte von den Spendenlinien der übrigen Teilgebiete in *Abbildung 30*). Aufgrund der weitgehend nicht ausreichend genau abschätzbaren unter-

irdischen Einzugsgebiete lassen sich somit die Abflussspenden des Teilgebietes der Nördlichen Kalkalpen nicht mathematisch als Funktion der Seehöhe schätzen.

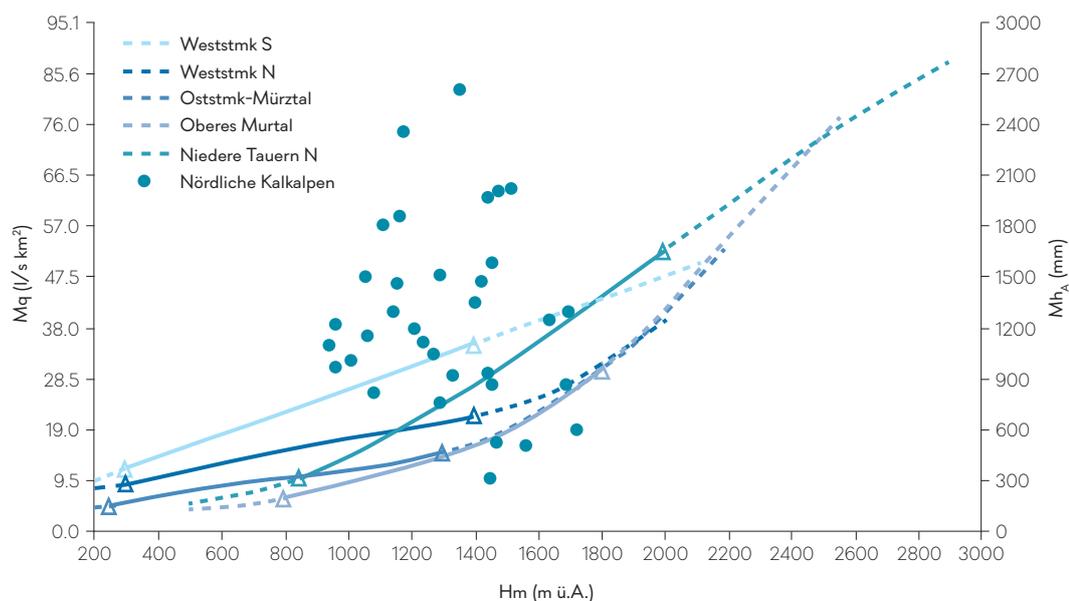


Abbildung 29: Beziehung mittlere Seehöhe (H_m) zu Jahresmittel der Abflussspende ($l/s \text{ km}^2$) für M_q bzw. Abflusshöhe (mm) für M_{h_A} für die 6 Teilgebiete der Steiermark. Durchgezogene Linien begrenzt durch Δ : durch Messwerte abgesicherte Bereiche; strichlierte Linien: Extrapolation. $MoMN_q$ entspricht nach W. Wundt (1958) dem langjährigen Mittel der Grundwasserneubildung und somit bei ausgeglichener Wasserbilanz dem Grundwasserabfluss. (Quelle: Abt.14/ Hydrographie)

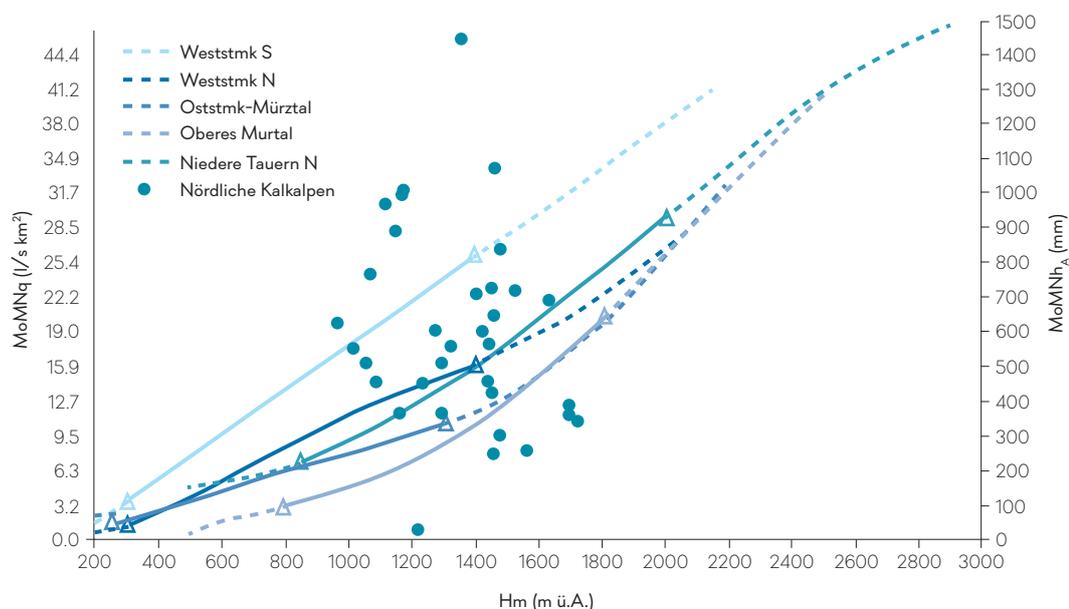


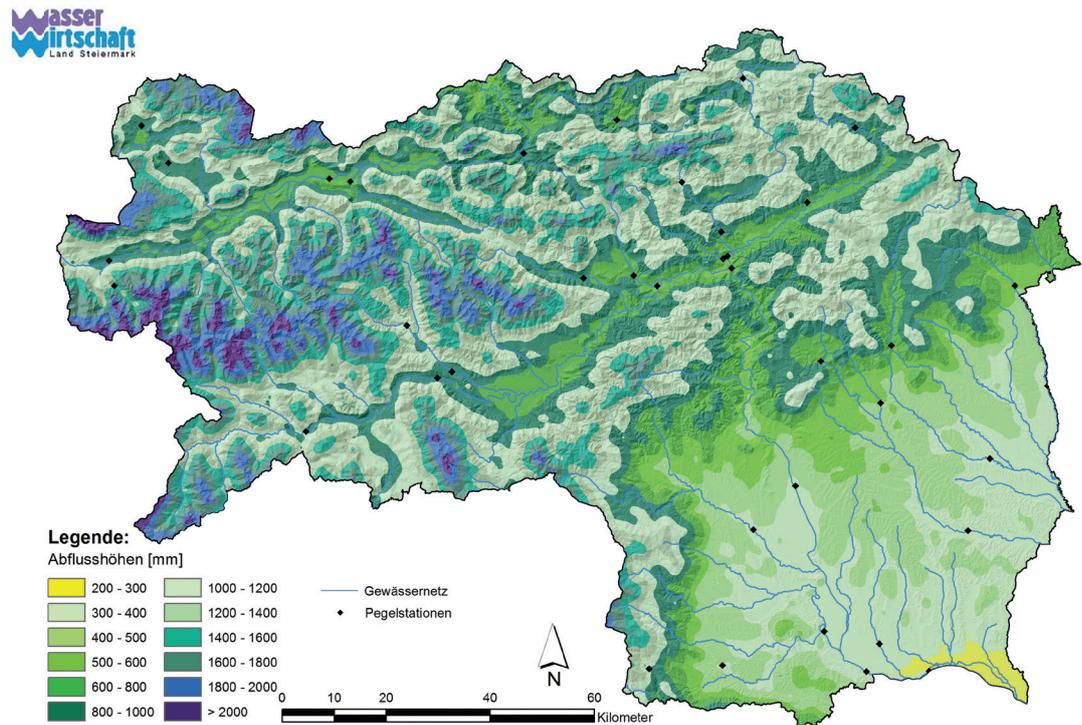
Abbildung 30: Beziehung mittlere Seehöhe H_m zu Jahresmittel der Abflussspende ($l/s \text{ km}^2$) für $MoMN_q$ (unten) bzw. Abflusshöhe (mm) für $MoMnh_A$ für die 6 Teilgebiete der Steiermark. Durchgezogene Linien begrenzt durch Δ : durch Messwerte abgesicherte Bereiche; strichlierte Linien: Extrapolation. $MoMnh_A$ entspricht nach W. Wundt (1958)¹³ dem langjährigen Mittel der Grundwasserneubildung und somit bei ausgeglichener Wasserbilanz dem Grundwasserabfluss. (Quelle: Abt.14/ Hydrographie)

¹³ Wundt, 1958

4.2.2.1 KARTE DER ABFLUSSHÖHEN DER STEIERMARK

Die Karte der Jahresmittel der Abflusshöhen der Steiermark in *Abbildung 31* belegt das sehr heterogene Bild der hydrologischen Verhältnisse

in der Steiermark und spiegelt weitgehend die sehr unterschiedlichen klimatologischen und hydrogeologischen Bedingungen in den Landschaften wider.



Als „abflussärmstes“ Gebiet zeigt sich vor allem das Oststeirische Tertiärbecken mit Abflusshöhen zwischen 200 mm und rund 300 mm pro Jahr entsprechend Spenden von 4,6 l/s km² bis rund 10,0 l/s km². Die Abflusshöhen übersteigen auch im Oststeirischen Randgebirge und Mürztal nur in den höchstgelegenen Gebieten 600 mm.

Deutlich höher sind sie im Bereich der Koralpe (vor allem Südteil) – Gleinalm, wo noch ein stärkerer Einfluss mediterraner Wetterlagen gegeben ist.

Das Obere Murtal liegt aufgrund seiner inneralpinen Position in Bezug auf die Niederschläge leeseitig und ist daher in den tieferen Bereichen durch sehr geringe Abflusshöhen charakterisiert.

Nach Norden steigen diese dann aber sehr steil in die Niederen Tauern an, deren Nordabfall in den Kammgebieten (allerdings gemäß *Abbildung 31* extrapolierte) Abflusshöhen von weit über 2.000 mm pro Jahr (über 80 l/s km²) erreicht. Hier ist eine starke Diskrepanz zu den Niederschlägen gegeben, die mit 1.400–1.600 mm deutlich darunter liegen. Im Bereich der Nördlichen Kalkalpen ergibt sich naturgemäß aufgrund der rein orographischen Abgrenzung ein extrem heterogenes Bild, das je nach unterirdischen Entwässerungsverhältnissen im Karst durch Defizite oder Überschüsse geprägt ist (vgl. auch *Abbildung 31*). Dazu kommen beträchtliche Fehler durch die Differenzbildung zwischen Pegeln an den größeren Gerinnen, einige Gebiete sind dadurch nicht bewertbar.

4.2.2.2 ÄNDERUNGEN IN DEN MITTELWASSERSPENDEN

Für ausgewählte Pegel in der Steiermark wurden die Mittelwasserspenden der Periode 1987–2012 jenen der im Wasserversorgungsplan

2002 verwendeten Periode 1971–1996 gegenübergestellt. Die Ergebnisse sind in *Tabelle 6* und *Abbildung 32* dargestellt.

PEGEL	HD- Nummer	A _E [km ²]	MQ [m ³ /s] 1971–1996	mq [l/s km ²] 1971–1996	MQ [m ³ /s] 1987–2012	mq [l/s km ²] 1987–2012	Änderung [%] 1987–2012/ 1971–1996
Altaussee/Traun	24	55	3.62	65.82	3.86	70.18	6.63
Kainisch/Ödenseetraun	40	57	3.51	61.58	3.64	63.86	3.70
Tetter/Unterthalerbach	1022	65	2.58	39.69	2.77	42.62	7.36
Schladming/Enns	1035	649	21.28	32.79	21.25	33.16	1.13
Liezen/Enns	1211	2.116	62.37	29.48	66.78	31.56	7.07
Selzthal/Palten	1540	369	8.95	24.25	9.86	26.72	10.17
Hieflau/Erzbach	1610	245	9.43	38.49	9.63	39.31	2.12
Gußwerk/Salza	1640	280	7.06	25.21	7.66	27.36	8.50
Wildalpen/Salza	1730	592	19.76	33.38	21.97	37.11	11.18
Gestüthof/Mur	2055	1.700	34.21	20.12	35.58	20.93	4.00
St. Georgen/Mur	2170	2.368	43.62	18.42	46.26	19.54	6.05
Zistl/Pusterwaldbach	2360	198	4.99	25.20	5.20	26.26	4.21
Pöls/Pöls	2380	422	8.60	20.38	8.54	20.24	-0.70
Kammern/Liesing	2635	266	5.88	22.11	6.21	23.35	5.61
Leoben/Mur	2700	4.392	76.26	17.36	78.23	17.81	2.58
St. Peter/Vordernbergerbach	2705	167	2.95	17.66	3.29	19.70	11.53
Neuberg/Mürz	2940	232	6.63	28.58	7.43	32.03	12.07
Kindthal/Mürz	3001	728	13.40	18.41	14.24	19.56	6.27
Hansenhütte/Thörlbach	3065	324	4.98	15.37	5.11	15.77	2.61
Kapfenberg/Mürz	3082	1.365	21.49	15.74	23.34	17.10	8.61
Arndorf/Laming	3086	144	2.39	16.60	2.55	17.71	6.69
Bruck/Mur	3100	6.214	105.86	17.04	110.44	17.77	4.33
Graz/Mur	3398	7.043	114.29	16.23	119.13	16.91	4.23
Lieboch/Kainach	3701	756	9.91	13.11	9.00	11.90	-9.18
Wies/Weiße Sulm	3790	70	1.28	18.29	1.12	16.00	-12.50
Leibnitz/Sulm	3856	1.103	16.03	14.53	14.55	13.19	-9.23
Spielfeld/Mur	3870	9.480	142.79	15.06	148.20	15.63	3.79
Lipsch/Schwarzaubach	3882	130	1.08	8.31	0.97	7.46	-10.19
Mureck/Mur	3902	9.770	148.73	15.22	150.74	15.43	1.35
Arzberg/Moderbach	4025	82	0.90	10.98	0.81	9.88	-10.00
Unterfladnitz/Weizbach	4042	94	1.20	12.77	0.88	9.36	-26.67
Feldbach/Raab	4240	689	5.62	8.16	5.23	7.59	-6.94
Rohrbach/Lafnitz	4540	269	2.63	9.78	2.45	9.11	-6.84
Wörth/Lafnitz	4550	439	3.65	8.31	3.26	7.43	-10.68
Anger/Feistritz	4640	408	5.19	12.72	4.74	11.62	-8.67
Neudorf/Ilzbach	4663	190	1.16	6.11	0.94	4.95	-18.97
MI 1/Ilgnerbach	6360	37	0.36	9.73	0.32	8.65	-11.11

Tabelle 6:
Mittelwasserspenden für ausgewählte Pegel in der Steiermark für die Periode 1987–2012 im Vergleich zur Periode 1971–1996. (Quelle: Abt.14/ Hydrographie)

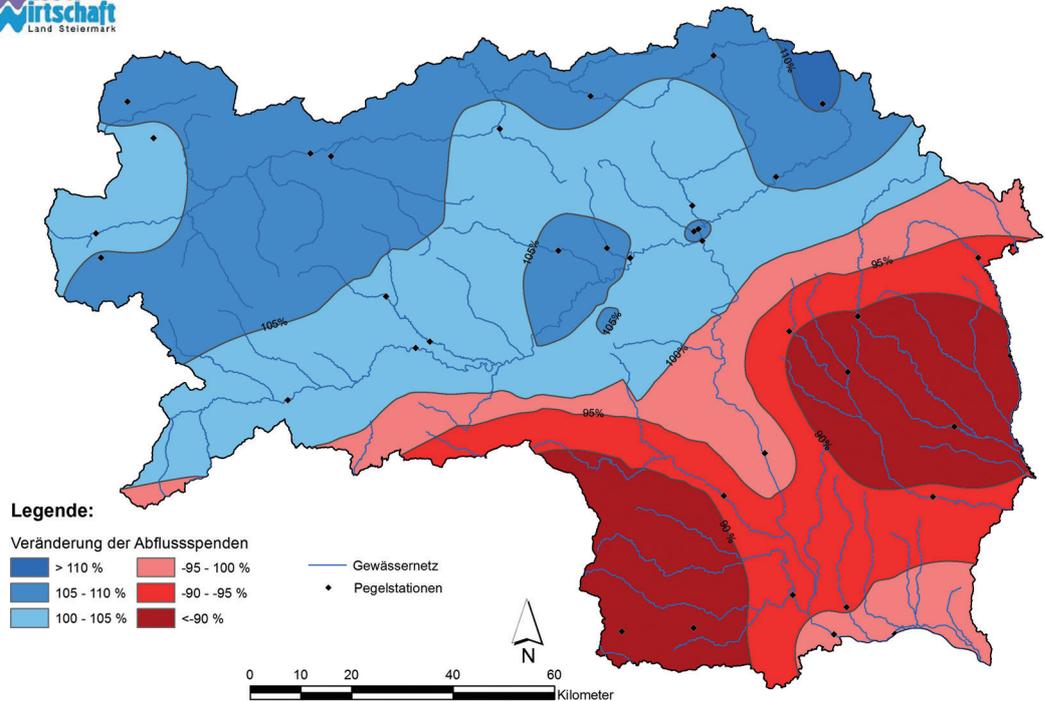


Abbildung 32: Änderungen in den Mittelwasserspenden (Mq) in % für die Steiermark auf Basis von ausgewählten Pegeln für die Periode 1987–2012 im Vergleich zur Periode 1971–1996. (Quelle: Abt.14/Hydrographie)

Es ist zu erkennen, dass es bei den Mittelwasserspenden in den nördlichen Landesteilen einschließlich der Mur fast ausschließlich zu Zunahmen von bis zu 12 % kam. Völlig konträr dazu zeigte sich die Situation vor allem in der Ost- und Teilen der Weststeiermark, wo es zu

Abnahmen in den Mittelwasserspenden bis zu etwa 25 % kam (vor allem Weizbach, Ilzbach). Dies bedeutet, dass es in den ohnehin bereits sehr spendenarmen Gebieten der Oststeiermark zu einem weiteren Rückgang in den Durchflüssen kam.

4.3 ABSCHÄTZUNG DER WASSERBILANZ

Wie die Kapitel 2 und 3 im Abschnitt B des Wasserversorgungsplanes 2002 zeigen, haben sich die Komponenten der Wasserbilanz in der Periode 1987–2012 im Vergleich zur Periode 1971–1996 verändert. Allerdings können diese Aussagen mit den vorliegenden Werkzeugen nicht für die im bestehenden Wasserversorgungsplan verwendete Landschaftsgliederung quantifiziert werden, dies sollte daher ein fixer Bestandteil der nächsten Aktualisierung sein. Die im Folgenden angeführte Landschaftsgliederung wurde aus dem alten Wasserversorgungsplan übernommen:

Für die Abschätzung der Wasserbilanz wurde die Steiermark, basierend auf der Landschaftsgliederung, in 8 Großeinheiten unterteilt (Abbildung 33), ausgeklammert wurden die bedeutenderen quartären Talfüllungen:

- Nordabfall der Niederen Tauern
- Niedere Tauern Süd und südliches Einzugsgebiet der Oberen Mur westlich von Scheifling
- Südabfall der Eisenerzer Alpen, Grauwackenzone an der Nordflanke des Mürztales

- Seetaler Alpen – Gleinalpe – Koralpe – Remschnigg
- Oststeirisches Randgebirge bis Nordabfall zur Mürz
- Weststeirisches Tertiärbecken
- Oststeirisches Tertiärbecken
- Nördliche Kalkalpen

Wie aus *Abbildung 33* ersichtlich, unterscheiden sich diese sehr stark bezüglich der Höhenbereiche und der durch Satellitenbildklassifizierung ermittelten Landnutzung, natürlich auch bezüglich der geologischen und klimatologischen Verhältnisse.

Bezüglich der Grundwasserreserven wird deutlich, dass die Hauptwasserhöfichtigkeitsgebiete

der Steiermark vor allem in den großen Karstgebieten der Nördlichen Kalkalpen und im Kristallin der Niederen Tauern und Gleinalpe – Koralpe zu suchen sind, während im Ost- und Weststeirischen Tertiärbecken aufgrund der geringeren Niederschläge und der geringdurchlässigen, schlecht speichernden Tertiärsedimente deutlich Mangelgebiete bezüglich des Grundwasserdargebots vorliegen.

Allerdings sind auch innerhalb der Großeinheiten aufgrund der hohen örtlichen Variabilität der Niederschläge, der Höhenunterschiede und der naturgemäß sehr heterogenen geologischen Verhältnisse große Unterschiede gegeben, die bei wasserwirtschaftlichen Detailplanungen zu berücksichtigen sind.

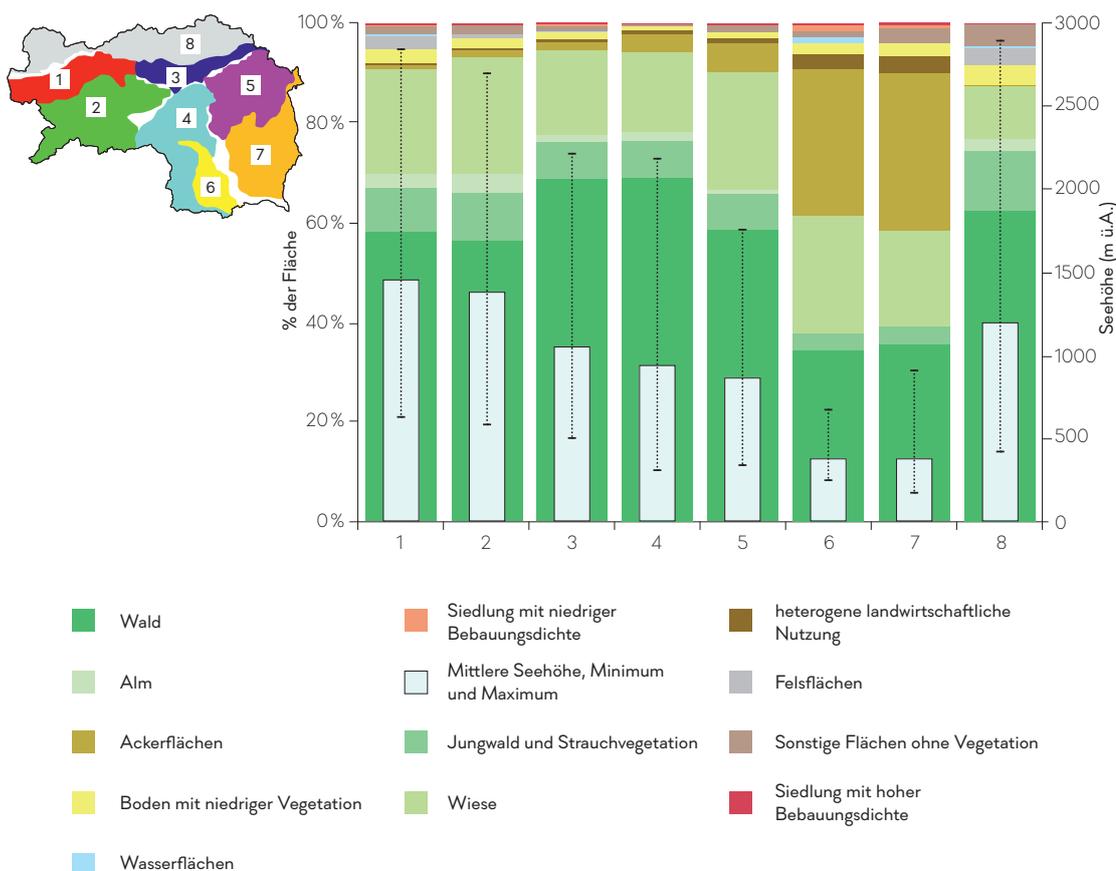


Abbildung 33: Landnutzung und Höhenbereiche der 8 Großeinheiten der Steiermark. (Quelle: Wasserversorgungsplan Steiermark 2002)