



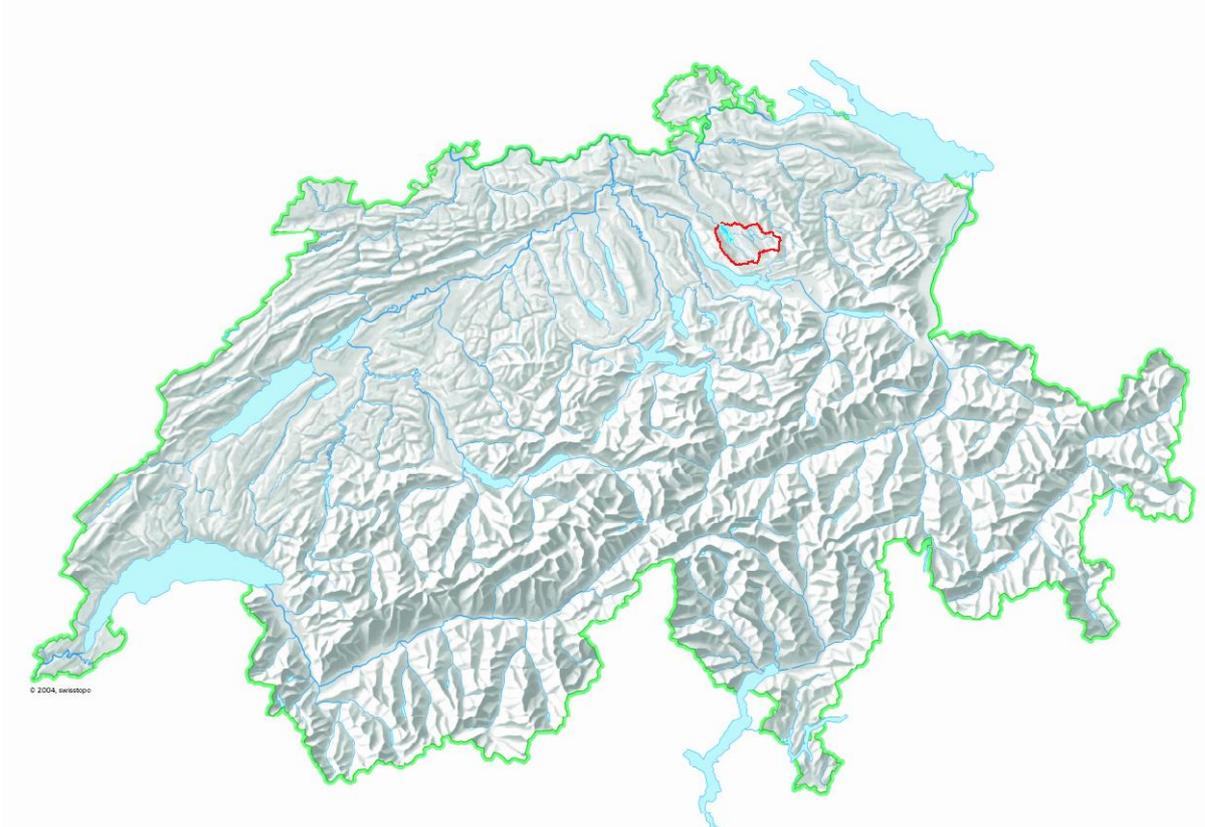
Faktenblatt

Datum

1. Juli 2016

Der Greifensee

Zustand bezüglich Wasserqualität



Lage des Greifensees (blau) und seines Einzugsgebiets (rot)

1 Entstehung, Morphologie und Kenndaten

Der Greifensee ist während der Würm-Eiszeit nach dem Rückzug des Linthgletschers entstanden. Er liegt am oberen Ende des Glatttales. Die Hauptzuflüsse sind die Möchaltdorfer Aa (Aabach) und die aus dem oberhalb liegenden Pfäffikersee kommende, bei Niederuster einmündende Ustemer Aa. Der Abfluss des Greifensees ist die Glatt.

Der Greifensee liegt in einer flachen Mulde und ist den Winden gut zugänglich. Dank seiner geringen Tiefe von knapp über 30 m wird er regelmässig in 80-90% aller Winter bis auf den Grund durchmischt (Matzinger et al. 2008). In der Regel mischt der Greifensee zweimal im Jahr zu Beginn und am Ende des Winters. Im langjährigen Mittel setzt die Temperaturschichtung im April ein und bleibt in der Regel bis Mitte September stabil. Die Seezuflüsse schichten sich im See ungefähr in derjenigen Tiefe ein, die ihrer eigenen Temperatur entspricht, was meist in der Metalimniontiefe erfolgt (Liechti 1994).

Das hydrologische Einzugsgebiet des Greifensees umfasst 156 km² inkl. bzw. 130 km² exkl. des Einzugsgebietes des Pfäffikersees. Das Einzugsgebiet des Greifensees ist stark anthropogen beeinflusst und weist einen im Vergleich zu den übrigen grossen Schweizer Seen hohen Anteil an landwirtschaftlich genutzter Fläche und Siedlungsfläche auf (Abbildung 1).

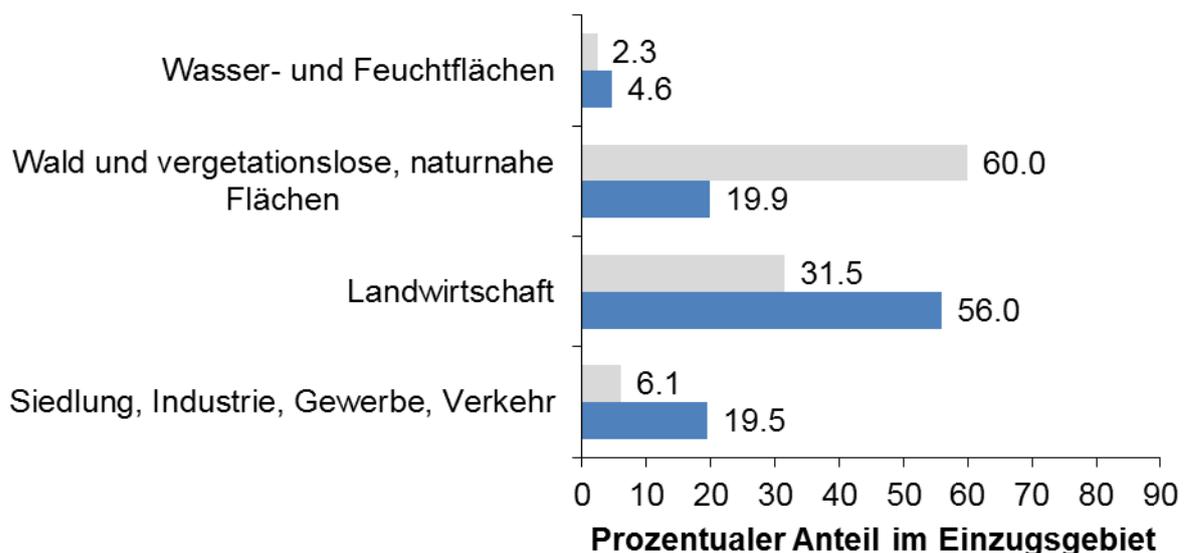


Abbildung 1: Bodennutzung im Einzugsgebiet des Greifensees (blaue Balken) und Bodennutzung als Mittelwert der grössten Schweizer See-Einzugsgebiete (graue Balken) (Stand 2006, Datengrundlagen: EEA (2010), BAFU (2013)).

Eine Tabelle mit detaillierten Angaben zur Seenmorphologie und zu den Einzugsgebietsparametern befindet sich im Anhang.

2 Die Entwicklung des Seezustandes

2.1 Phosphorgehalt und -frachten

Mittels Sedimentanalysen und anhand der Kieselalgenzusammensetzung in den einzelnen Sedimentschichten konnten die P-Konzentrationen bis 1620 rekonstruiert werden (AquaPlus 2004). Diese lagen von ca. 1620 bis ca. 1910 bei Werten unter 20 µg/l. Der Greifensee befand sich demnach bis anfangs des 20. Jahrhunderts in einem oligotrophen bis mesotrophen Zustand. Ab 1910 nahmen die P-Konzentrationen aufgrund der zunehmenden Abwasserbelastung aus Siedlung, Industrie und Gewerbe und Nährstoffen aus der Landwirtschaft deutlich zu und der Greifensee durchlief die Trophie-Skala von mesotroph bis hypereutroph mit P-Konzentrationen bis ca. 500 µg/l.

Die maximalen P-Konzentrationen wurden um 1970 erreicht, was die seit 1951 gemessenen Werte zeigen (Abbildung 2). Ab 1969 nahmen die P-Konzentrationen aufgrund verschiedener Sanierungsmassnahmen - Ausbau der Siedlungsentwässerung, Verbesserung der Reinigungsleistung der ARAs, Verbot von phosphathaltigen Waschmitteln und verstärkte Ausrichtung der Landwirtschaft

auf integrierte und biologische Produktion - wieder ab (Tabelle 1). Die Frachten von algenverfügbarem Phosphor konnten seit 1968 mit den erwähnten Massnahmen von 50 – 60 t/a auf rund 10 t/a anfangs der 2000er Jahre reduziert werden (Bundi 1974, Meier 2003). Die P-Konzentrationen im Greifensee haben sich heute auf einem Niveau von knapp unter 50 µg/l eingependelt (Abbildung 2).

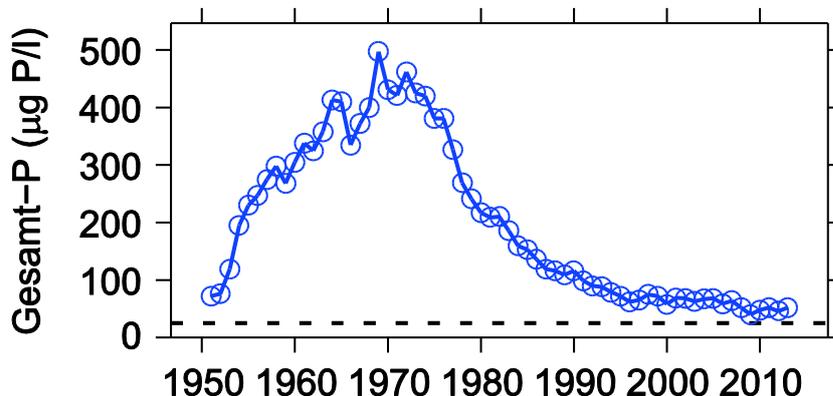


Abbildung 2: Jahresmittelwerte der Phosphorkonzentrationen im Greifensee. Die gestrichelte Linie illustriert den kantonalen Zielwert von 25 µg/l.

Parallel zu den P-Konzentrationen hat auch die Algenmenge seit 1980 im Greifensee abgenommen und weist auf einen Rückgang der Algenproduktion hin (Känel et al. 2012).

Die P-Konzentration im Greifensee liegt heute jedoch immer noch weit über dem kantonalen Zielwert von 25 µg/l bzw. über dem natürlichen Wert von rund 20 µg/l. Um den Zielwert von 25 µg/l erreichen zu können, müsste die P-Fracht nochmals stark auf ca. 3.4 t/a reduziert werden (Moosmann et al. 2003).

Die grösste P-Belastung stammt mit 52% aus dem Kanalisationssystem und den ARAs (Meier 2003). Mit weiteren Massnahmen im Bereich der Siedlungsentwässerung wie z.B. der kürzlich abgeschlossenen Erweiterung der ARA Uster und der sich noch in Bau oder Planung befindenden Anlagen ARA Hinwil, ARA Egg-Oetwil, ARA Gossau kann davon ausgegangen werden, dass die P-Konzentrationen im Greifensee noch weiter sinken werden. Das angestrebte Ziel von 25 µg/l Phosphor scheint längerfristig erreichbar zu sein.

2.2 Sauerstoffgehalt

Sedimentuntersuchungen zeigten, dass im Greifensee ab ca. 1930 sauerstofflose Verhältnisse im Tiefenwasser auftraten (AquaPlus 2004). Die Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser nahm mit der fortschreitenden Eutrophierung des Greifensees massiv zu. Mitte der 1950er bis Ende der 1970er Jahre dehnte sich die sauerstofffreie Zone im Sommer regelmässig vom Grund bis 3.5 m unter die Seeoberfläche aus (Abbildung 3). Somit standen den Fischen und anderen Lebewesen lediglich die obersten 3.5 m als Lebensraum zur Verfügung.

Im Zuge dieser Eutrophierung sind die Felchen im Greifensee um 1920 ausgestorben. Mit Besatzmassnahmen wurde über mehrere Jahrzehnte vergeblich versucht, die Felchen wieder anzusiedeln. Erst nach erfolgter Reduktion der P-Frachten waren auch die Besatzmassnahmen der Felchen erfolgreich und die Bestände erholten sich seit Mitte der 1980er Jahren wieder.

Massnahmen zur Reduktion der P-Belastung verminderten die Algenproduktion, was dazu führte, dass sich die Sauerstoffkonzentrationen im See ebenfalls verbesserten. Die Zehrungsraten im Tiefenwasser haben abgenommen und das herbstliche Sauerstoffdefizit im Tiefenwasser ist von ca. 8 mg/l vor 1995 auf ca. 4 mg/l (1995 – 2007) zurückgegangen (Matzinger et al. 2008). Die Wasserschicht mit genügend hohen Sauerstoffkonzentrationen (>4 mg/l) während der Stagnationsphase hat sich von 3.5 m auf 6 m vergrössert. Die Bedingungen für Felchen sind heute jedoch immer noch sehr kritisch. Zudem verunmöglichen die Verschlammung des Seegrundes und die zu hohe Sauerstoffzehrung über Grund die Naturverlächung der Felchen nach wie vor. Mit der zunehmenden Verbesserung des Seezustandes könnte eventuell eine natürliche Fortpflanzung der Felchen in gewissen Teilbereichen der Uferregion erreicht werden. Es ist jedoch nicht zu erwarten,

dass in absehbarer Zukunft auf Besatzmassnahmen zur Erhaltung der Felchenpopulation verzichtet werden kann.

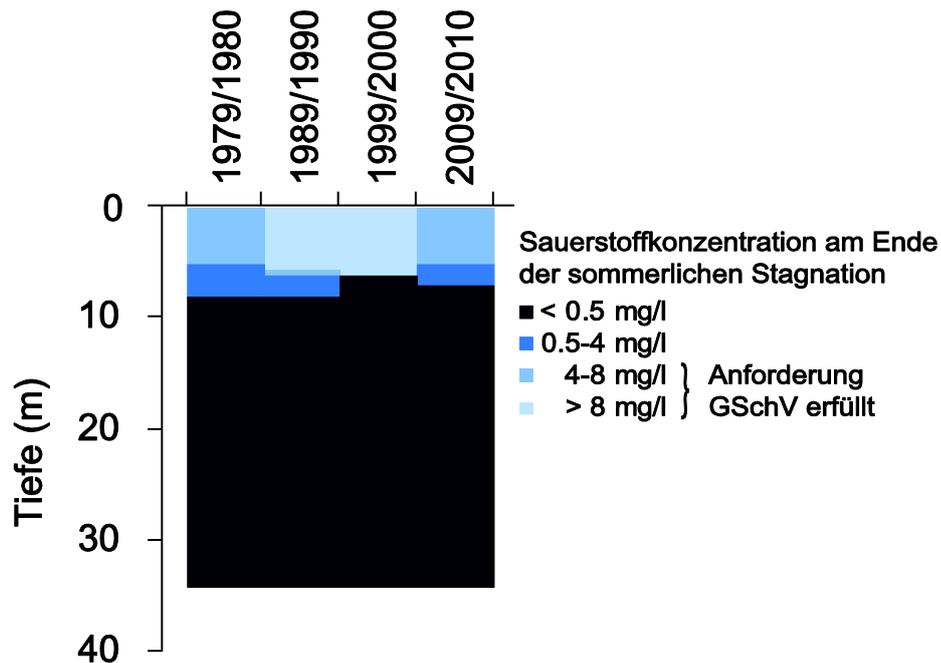


Abbildung 3: Sauerstoffkonzentrationen im Greifensee.

Trotz der verbesserten Sauerstoffverhältnisse im See können die gesetzlichen Anforderungen für Sauerstoff von 4 mg/l zu jeder Zeit an jedem Ort nicht eingehalten werden. Der Grund dafür liegt einerseits in der immer noch zu hohen P-Konzentration und der damit verbunden zu hohen Algenproduktion im Greifensee, für deren Mineralisation im Tiefenwasser der vorhandene Sauerstoff nicht ausreicht. Andererseits ist das Sauerstoffdefizit zu einem grossen Teil das Resultat des sauerstoffzehrenden Einflusses der Sedimente, welcher auf frühere Ablagerungen teilweise aus der hyper-eutrophen Phase des Greifensees zurückzuführen ist (Matzinger et al. 2008). Modellrechnungen ergaben eine anzustrebende P-Konzentration von weniger als 30 µg/l, bei welcher die aktuelle Primärproduktion unter aeroben Bedingungen abgebaut werden kann. Erst bei einer P-Konzentration von 18 µg/l würde der gesetzlich geforderte Wert für Sauerstoff von 4 mg/l beim Abbau der aktuellen Primärproduktion eingehalten. Die heutigen P-Konzentrationen im Greifensee liegen im Bereich von 40-50 µg/l und die Sedimente werden wahrscheinlich noch lange die Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser beeinflussen. Da der Zielwert für Sauerstoff höchstens langfristig erreicht werden kann, wurde 2009 eine Belüftungsanlage in Betrieb genommen, um in den kritischen Sommermonaten ein örtlich begrenztes Fischrefugium zu schaffen. Erste positive Auswirkungen der Anlage konnten im Sommer 2012 nachgewiesen werden (Känel et al. 2012).

Tabelle 1: Die Geschichte des Greifensees im Überblick (aus AquaPlus 2004 und AWEL 2014).

Chronik	
Ab ca. 1800	Entwässerung der Riedflächen durch die Landwirte
Ab ca. 1850	Beginn des Torfabbaus
Bis 1900	Entstehung einer im Glattal dicht besiedelten, von Fabrikindustrie geprägten Kulturlandschaft inkl. Erweiterung des Verkehrsnetzes
1918	Erstmalige Ablagerung von Faulschlamm an der tiefsten Stelle im See
1918 – 1931	6 grosse Fischsterben
1932	Grosses Fischsterben
1941	Erlass der kantonalen Greifenseeschutzverordnung
1956	Inbetriebnahme ARA Uster
1961	Inbetriebnahme ARA Wetzikon
1962	Inbetriebnahme ARA Egg-Oetwil
1967	Inbetriebnahme ARA Maur
1968	Inbetriebnahme ARA Hinwil
1971	Inbetriebnahme ARA Mönchaldorf und Gossau
1967 – 1977	Einbau der 3. Reinigungsstufe in ARAs
1981 – 1986	Erweiterung der ARAs mit Flockungsfiltration (4. Reinigungsstufe)
1940 – 2002	Zunahme der Bevölkerung im Einzugsgebiet des Greifensees (ohne Pfäffikersee) von rund 30'000 auf rund 100'000 Einwohner
1994	Revision der kantonalen Greifenseeschutzverordnung
1999	Felchensterben im August
2009	Inbetriebnahme einer Belüftungsanlage

3 Fazit

Die bisherigen Massnahmen zur Reduktion der P-Belastung im Einzugsgebiet des Greifensees waren erfolgreich (Tabelle 2). Die P-Konzentrationen liegen heute zwar noch über den Zielwerten (Tabelle 2), jedoch wurden in den letzten Jahren seit Beginn der Messungen die tiefsten P-Konzentrationen nachgewiesen - und dies trotz stark zunehmendem Nutzungsdruck im Einzugsgebiet. Der Greifensee reagiert schnell auf Änderungen der P-Belastung (Matzinger et al. 2008). Es ist zu erwarten, dass mit weiterer Reduktion der P-Belastung durch entsprechende sich in Planung befindliche Sanierungsmassnahmen in der Siedlungsentwässerung langfristig die Zielwerte für Phosphor und eine Verbesserung der Trophieverhältnisse erreicht werden können. Bezüglich Sauerstoffkonzentrationen werden die gesetzlich geforderten Werte noch länger nicht erreicht werden, weil die hohe Sauerstoffzehrung der Sedimente noch lange anhalten wird und den Gesundungsprozess des Greifensees stark verzögert.

Tabelle 2: Für den Greifensee gültige Qualitätsziele.

Kriterium	Ziel	Grundlage
O ₂ -Konzentration	> 4 mg/l zu jeder Zeit an jedem Ort	Anhang 2 GSchV
P-Konzentration	< 25 µg/l	Känel et al. (2012) See höchstens mesotroph
P-Belastung	3.4 t/a	Moosmann et al. (2003)
P-Konzentration	30 µg/l für Zielerreichung O ₂ > 0 mg/l	Matzinger et al. 2008
P-Konzentration	18 µg/l für Zielerreichung O ₂ > 4 mg/l	Matzinger et al. 2008

4 Literatur

AquaPlus 2004: Entwicklung des Gesamtphosphors im Greifensee anhand der im Sediment eingelagerten Kieselalgen. Bericht zuhanden des Amtes für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich.

AWEL 2014: Seen: Auswertung nach Kenngrössen. Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich.

www.awel.zh.ch/internet/audirektion/awel/de/wasserwirtschaft/gewaesserqualitaet/seen_kenngroessen.html (abgerufen am 10.1.2014).

BAFU 2013: Einzugsgebietsgliederung Schweiz EZGG-CH. Bundesamt für Umwelt, Bern.
<http://www.bafu.admin.ch/wasser/13462/13496/15009/index.html>.

BFS 2010: Betriebszählung 2008. Branchenporträt Landwirtschaft. BFS Aktuell. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel, 18 S.
www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/erhebungen__quellen/blank/blank/bzs1z/01.html.

BFS 2011: Statistik der Bevölkerung und der Haushalte 2011 (STATPOP2011), Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.

Bundi U., Robert P.V. 1974: Ursprung und Ausmass der Phosphorbelastung des Greifensees heute und im Jahr 2000. NZZ, 4. Februar 1974.

Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG) vom 24. Januar 1991. SR 814.20.

EEA 2010: CORINE Land Cover Project, Europäische Kommission, Kopenhagen.

Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998. SR 814.201.

Känel B., Steinmann P., Sinniger J., Niederhauser P. 2012: Zürcher Gewässer, Entwicklung – Zustand – Ausblick. Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich, Zürich, 105 S.

Liechti P. 1994: Der Zustand der Seen in der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt Nr. 237. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 163 S.

Matzinger A., Müller B., Schmid M., Little J., Stierli R., Zwysig A., Wüest A. 2008: Zirkulationsunterstützung im Türlensee und Pfäffikersee, Evaluation von Betrieb und Messprogramm. Bericht Eawag, 70 S.

Meier W. 2003: Phosphorbelastung des Greifensees. Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich, Zürich, 15 S.

Moosmann L., Sturm M., Müller B., Wüest A. 2003: Phosphorhaushalt des Greifensees, Seemodell zur Abschätzung der Wirkung von Massnahmen auf den Seezustand. Eawag, Kastanienbaum, 32 S.

5 Auskünfte

wasser@bafu.admin.ch

6 Internet

<http://www.bafu.admin.ch/wasser/13465/13483/14095/index.html>

7 Anhang: Charakterisierung des Greifensees und seines Einzugsgebietes.

Morphologie See

Seefläche	8.5	km ²
Volumen	0.1485	km ³
Meereshöhe Seespiegel	435.0	m
Uferlänge.....	17.5	km
maximale Länge	6.6	km
maximale Breite.....	1.7	km
maximale Tiefe	32	m
mittlere Tiefe.....	18	m
mittlerer Abfluss.....	3.9	m ³ /s
theoretische Aufenthaltszeit	1.2	Jahre
Anteil Wasserfläche des Sees im Ausland	0	%

Physiogeographie des Einzugsgebiets

Mittlere Meereshöhe	559	m
Maximale Meereshöhe.....	1079	m

Bodenbedeckung und -nutzung im Einzugsgebiet (Stand: 2006, EEA 2010, BAFU 2013)

Gesamtfläche ohne Seefläche	156	km ²
Flächenanteil des EZG in der Schweiz	100.0	%
Siedlungsfläche, Städte, Parks	18.4	%
Industrie, Verkehr, Gewerbe	1.1	%
Ackerfähiges Land	54.5	%
Dauergrünland.....	0.0	%
Dauerkulturen, Reben, Obst	1.5	%
Wälder, Strauchvegetation.....	19.9	%
Vegetationslose naturnahe Flächen	0.0	%
Wasser- und Feuchtflächen ¹	4.6	%

Einwohner (Stand: 2011, BFS 2011)

Einwohner im EZG in Tausend	108.4
-----------------------------------	-------

Landwirtschaft (Landw. Betriebsstrukturerhebung, BFS 2010)

Talzone	81.7	%
Hügelzone	12.1	%
Bergzone I.....	4.0	%
Bergzone II.....	0.4	%
Bergzone III.....	0.0	%
Bergzone IV.....	0.0	%
Sommerungsgebiet.....	0.0	%
GVE im Einzugsgebiet (ohne See).....	0.086	ha ⁻¹

¹ Fläche Greifensee ausgenommen