



Kanton Zürich  
Baudirektion

# ZUP

Zürcher Umweltpraxis

## Schwerpunkt

Lehren aus dem Trocken-  
sommer 2018

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort von Regierungsrat Martin Neukom Bloss eine Laune der Natur?	3
Trockensommer 2018 / Einführung Sommer 2018: Dürre im Wasserschloss	4
Trockensommer 2018 / Landwirtschaft 2018 – Sonne und Schatten für die Landwirtschaft	6
Trockensommer 2018 / Wasser Wieviel Wasser ist zu wenig?	10
Trockensommer 2018 / Fischerei Fische brauchen kühles Wasser	14
Trockensommer 2018 / Wald Borkenkäfer, Zwangsnutzung und Waldbrandgefahr	16
Trockensommer 2018 / Naturschutz Wetterextreme stellen seltene Arten vor die Existenzfrage	20
Trockensommer 2018 / Boden <b>Staubtrocken ! Wo Pflanzen am schnellsten durstig sind</b>	22
Trockensommer 2018 / Betriebe Ohne Wasser stünden die Maschinen still	26



Martin Neukom  
Regierungsrat und Baudirektor  
Kanton Zürich

**Vorwort:**

## **Bloss eine Laune der Natur?**

Der Trockensommer 2018 ist aus physikalischer Sicht das Ergebnis komplexer klimatischer Prozesse, und daran liegt es unter anderem, dass er auf der politischen Ebene viele Interpretationen zulässt, leider auch völlig absurde. Er wird zu einer «Laune der Natur» verharmlost, von Akteuren, deren Politik nicht minder launenhaft ist und die den Klimawandel nur als ein Modethema betrachten. So entsteht ein Geschwätz, das verschleiern, dass der Klimawandel eine wissenschaftlich untermauerte Tatsache ist – und für den Menschen eine der grössten Herausforderungen aller Zeiten.

«Der wichtigste Grund für politisches Handeln liegt darin, Katastrophen zu vermeiden», sagte der Historiker Niall Ferguson neulich in der «ZEIT», und dem kann ich mich nur anschliessen. Nun war der Sommer 2018 vielleicht noch keine wirkliche Katastrophe, aber er gab uns eine Vorstellung davon, wie eine solche aussehen könnte.

Für die kälteliebenden Fischarten im Zürcher Rheinabschnitt war die Katastrophe bereits Tatsache. Hier wurden rund zwei Tonnen tote Fische eingesammelt, unter anderem Äschen, von denen es dort nun bloss noch einen kleinen Restbestand gibt. 90 Prozent der Äschen im Rhein sind im Trockensommer 2018 verendet. Der Bestand wird sich zwar erholen, in der Thur ist die Zahl der Äschenlarven hoch, aber es ist unübersehbar, dass solche Wetterextreme den Artenschwund beschleunigen. Das gilt auch für die Fichten, deren Bestände im Mittelland drastisch zurückgehen werden.

Wir können uns dieser Situation ein Stück weit anpassen, etwa durch einen Baumartenwechsel in den Wäldern, vorrangig ist aber unsere Verantwortung, dass der Klimawandel als solcher aufgehalten wird. Das ist nur durch eine rasche Dekarbonisierung zu erreichen, die einzige Massnahme, die echten Klimaschutz bedeutet.

Regierungsrat Martin Neukom  
Baudirektor Kanton Zürich

## Sommer 2018: Dürre im Wasserschloss

**Ausgetrocknete Bachläufe, welche Kulturen, Waldbrandgefahr... 2018 war ein Ausnahmesommer, ausserordentlich trocken und sehr heiss. Auf den folgenden 24 Seiten fasst der Themenschwerpunkt «Trockensommer 2018» die Ereignisse zusammen, ordnet Folgen sowie getroffene Massnahmen ein und zeigt Wege zum Umgang mit künftigen Trockensommern, denn die werden häufiger werden.**

Isabel Flynn  
Redaktorin Zürcher Umweltpraxis  
Koordinationsstelle für Umweltschutz  
Baudirektion Kanton Zürich  
Telefon 043 259 24 18  
isabel.flynn@bd.zh.ch  
www.umweltschutz.zh.ch/zup

- Artikel ZUP 91, 2018: «Komfort im Sommer durch richtiges Bauen», «Leben mit Auswirkungen des Klimawandels», «Neue Klimakarten zeigen, wo es heiss ist», «Die Fichte auf dem Rückzug vor dem Klimastress», ZUP 92, 2018: «Massnahmen zum Klimawandel im Kanton Zürich», ZUP 93, 2019: «Klimaänderung im Kanton Zürich»
- Vermischtes, Seite 47: Erlebnistage Klima, Klimastreik, Klima-Express, Klimapioniere

### Schwerpunkt Trockensommer 2018

Der extrem trockene Sommer 2018 war ein ausserordentliches Ereignis. In dieser ZUP erläutern mehrere Artikel die Auswirkungen auf Landwirtschaft, Gewässer, Fische, sensible Lebensräume und Arten, Wald, Boden sowie Betriebe und zeigen Massnahmen für die Bewältigung künftiger derartiger Sommer (Seiten 5-28).



Grosse Hitze und Niederschlagsarmut führten 2018 vielerorts zu tiefen Wasserständen, teilweise sogar zu ausgetrockneten Bachläufen und toten Fischen.  
Quelle: adege, pixabay, Pixabay Licence

Sommer und Herbst 2018 werden in Erinnerung bleiben. Die Winzer erhielten einen gehaltvollen Jahrgang, die Menschen genossen die Badesaison, die Stimmung war mediterran, nur leicht getrübt durch das Grillverbot und das gestrichene Feuerwerk zum 1. August. Anderen war es zu heiss. Die Menschen schwitzten besonders im überwärmten Stadtgebiet und suchten weniger heisse Plätze im Schatten. Besonders Kranke, Kleinkinder sowie Ältere litten. Und es war definitiv zu trocken. Das merkten Landwirte, Gärtner und alle diejenigen, die Balkonpflanzen giessen mussten...

#### Folgen der Trockenheit waren offensichtlich

Dürre und Hitze bedeuteten auch: Flüsse und Bäche führten extrem wenig Wasser und waren zu warm – der Rhein zeitweise sogar 28 Grad! Eine grosse Anzahl Fische wurde in wasserreichere, kühlere Gewässer versetzt, viele gingen jedoch ein. Ackerkulturen wuchsen schlecht oder verdorrten auf ausgetrockneten Böden. Bäume färbten sich bereits im Sommer herbstlich ein und warfen Blätter ab. Und weil das Gras in den trockenen, heissen Monaten nicht mehr nachwuchs, mussten teilweise die Viehbestände reduziert werden.

#### Weniger Sichtbares

Neben den Fischen verendeten weniger offensichtlich auch andere Wasserorganismen wie Krebse, Amphibien und tierische Kleinlebewesen. In Fliessgewässern mit tiefen Pegeln konzentrierten sich Nährstoffe und Mikroverunreinigungen. Kleinere Quellen tröpfelten statt zu sprudeln, manch eine Gemeinde

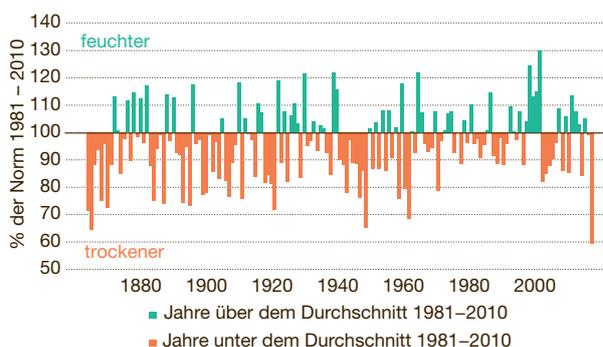
musste darum Fremdwasser zukaufen. Wenig beachtet ging es auch Torfmoo- ren und Feuchtgebieten schlecht, ihnen mangelte es an Wassernachschub aus Grundwasser, Fliessgewässern und Regen. So waren auch wertvolle Lebensräume und seltene Arten zusätzlich unter Druck. Besonders feuchteliebende Tiere wie Amphibien litten stark unter der Trockenheit. Borkenkäferpopulationen dagegen profitierten von den durch knappen Niederschlag und anhaltende Trockenheit geschwächten Bäumen.

#### Die Schweiz wird besonders schnell warm

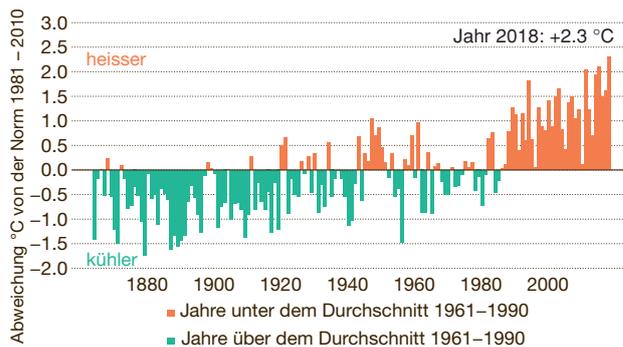
«Die Schweiz ist von der Klimaerwärmung besonders stark betroffen. Mit zwei Grad Celsius seit 1864 ist die Durchschnittstemperatur mehr als doppelt so stark angestiegen wie im weltweiten Durchschnitt (0,9°C). Die Folgen sind bereits spürbar: Die Hitzebelastung in Städten nimmt zu, Niederschlagsmangel führt lokal zu Wasserknappheit, steile Bergflanken in Alpentälern werden instabiler, wie auch der Bergsturz im bündnerischen Bondo gezeigt hat. Das wichtigste Instrument im weltweiten Kampf gegen die Erwärmung ist die massive Senkung des Ausstosses von Treibhausgasen. Im Rahmen des Klimaübereinkommens von Paris hat sich die Schweiz verpflichtet, ihre Emissionen bis 2030 um 50 Prozent gegenüber dem Stand von 1990 zu verringern».

Marc Chardonnens, [www.bafu.admin.ch](http://www.bafu.admin.ch)

### Regenmengen im Sommerhalbjahr



### Jahresmitteltemperaturen



Der Sommer 2018 war extrem trocken, das zeigt der langjährige Verlauf der Regensumme April bis November gemittelt über die Ostschweiz. Auch die Erwärmung ist klar erkennbar (2 Grad Celsius von 1864 bis 2017 in Genf).  
Quelle: MeteoSchweiz

### Noch war es nur ein blaues Auge

Die verantwortlichen Fachpersonen des Teilstabs Trockenheit des kantonalen Führungsstabs behielten die zunehmend kritischer werdende Situation, insbesondere die Waldbrandgefahr, laufend im Auge. Im Teilstab lief auch die Koordination der getroffenen Massnahmen zusammen. Die beiden einschneidendsten waren die Genehmigung von Notbewässerungen sowie das Feuerverbot in Waldesnähe. Zudem informierte der Kanton mit seiner Webseite [www.trockenheit.zh.ch](http://www.trockenheit.zh.ch) zur Lage und zu den getroffenen Massnahmen.

### Jahrhundertereignis

MeteoSchweiz, das Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, reiht das Jahr 2018 in seinem Klimabulletin in die allgemeine Entwicklung ein: «Wärme und Regenarmut ohne Ende... Zehn von zwölf Monatstemperaturen lagen deutlich über der Norm, sechs davon im extremen Bereich. Die andauernde Wärme führte nicht nur zu einem neuen Jahresrekord, auch das Sommerhalbjahr war so warm wie noch nie seit Messbeginn 1864 und lag 2.4°C über der Normperiode 1981-2010. Begleitet wurde die Rekordwärme von einer ungewöhnlichen monatelangen Regenarmut (Grafik oben). In der Ostschweiz entwickelte sich das massive Regendefizit von April bis November zu einem Jahrhundertereignis. Im Mittel über die ganze Schweiz erreichte die Regensumme von Juni bis August nur 71 Prozent der Norm 1981-2010. Der Juni lieferte in einigen Gebieten nur 20 bis 40 Prozent der normalen Regenmenge. Verschärft wurden die Auswirkungen der Trockenheit wiederum von der durch die Hitze verursachten höheren Verdunstung.

Trotz teilweise einschneidender Schäden kam der Kanton Zürich im Sommer 2018 noch immer insgesamt mit einem blauen Auge davon: Die Trinkwasserversorgung war immer sichergestellt. Es kam zu keinen ausgedehnten Waldbränden, und immerhin konnten viele Fische durch das Umsetzen gerettet und Schäden für den einen oder anderen Landwirtschaftsbetrieb durch Notbewässerungen gemildert werden. In den folgenden Fachartikeln wird detaillierter beschrieben, was die unmittelbaren Auswirkungen der Trockenheit und Hitze waren, was alles unternommen wurde, um Schlimmeres zu verhindern, was die mittelfristigen Folgen sein könnten und was Kanton und Gemeinden für kommende Trockenereignisse wissen und anpassen müssen.

### Künftige Schäden minimieren

Laut der Klimaszenarien des Bundesamts für Meteorologie und Klimatologie Meteo Schweiz wird der Klimawandel vier konkrete Auswirkungen auf die Schweiz haben: Trockenere Sommer, heftigere Niederschläge, mehr Hitzetage und schneearme Winter. Neben Klimaschutzmassnahmen geht es infolgedessen besonders darum, sich auf allen Ebenen – Bund, Kanton, Gemeinden, Betriebe und Bevölkerung – anzupassen und Vorkehrungen zu treffen, um künftig möglichst viele Schäden zu verhindern. Dies wird besonders auch Landwirtschafts- und Forstbetriebe betreffen, die sich künftig anders aufstellen müssen, was ihre Baum- und Kulturenwahl sowie Bewässerung betrifft. Der letzte Sommer zeigte jedenfalls, dass selbst im Wasserschloss Schweiz die Ressource Wasser begrenzt ist. Das Bedürfnis nach Wasser für verschiedene Zwecke wie Landwirtschaft, Gewerbe, Feuchtgebiete und Fischerei, aber natürlich auch für Trinkwasser, Gartenbewässerung sowie Körperpflege bleibt

hingegen gross. Spannungen sind vorprogrammiert.

Für den Kanton Zürich bedeutet dies vor allem, die Situation aus dem Jahr 2018 weiter zu analysieren, zum Beispiel was die Notbewässerungen wirklich gebracht haben, und zu überlegen, wie man künftig Wasser auf die verschiedenen Bedürfnisse verteilen will und wieviel Wasser dafür überhaupt zur Verfügung steht. Mit diesem Wissen kann der Kanton bereits getroffene sowie zukünftige Massnahmen optimieren.

### An den Klimawandel anpassen

Hier eine Auswahl von Massnahmen:

- **Landwirte und Forstwirte:** Kulturen-/Baumartenwahl, Bodenbewirtschaftung und Bewässerung optimieren
- **Gemeinden:** Wasserver- und -entsorgungen ausbauen, Grün- und Wasserflächen in Siedlungen fördern, Durchlüftungssachsen erhalten
- **Bauherrschaften:** klimagerecht bauen und kühlen (Form, Materialien, Beschattung, Begrünung usw.)
- **Bevölkerung:** hitzeangepasst verhalten, Wasser sparen
- **Betriebe / Gewerbe:** Mitarbeitende für Thema Hitze sensibilisieren, wassersparende Prozesse und Vorbehandlungsanlagen verwenden

### Weiterlesen

- [www.meteoschweiz.ch](http://www.meteoschweiz.ch) → Klimabulletin Jahr 2018
- [www.klimaszenarien.ch](http://www.klimaszenarien.ch)
- [www.klima.zh.ch](http://www.klima.zh.ch) → Themenblätter (Publikationen Seite 46) sowie Massnahmenplan Anpassung an den Klimawandel
- [www.trockenheit.zh.ch](http://www.trockenheit.zh.ch)
- [www.trockenheit.ch](http://www.trockenheit.ch) (BAFU)

## 2018 – Sonne und Schatten für die Landwirtschaft

**2018 litten Ackerkulturen wie auch der Futterbau unter der brütenden Sonne sowie dem unterdurchschnittlichen Niederschlag. Teilweise mussten hohe Ertragseinbussen hingenommen werden. Nutztiere litten unter Hitzestress. Nun sind Überlegungen zur längerfristigen Risikoabsicherung in der Landwirtschaft angezeigt.**

Andreas Rüschi (Leiter Fachstellen)  
Martin Bertschi (Leiter Pflanzenbau)  
Markus Bopp (Biolandbau/Landtechn.)  
René Gämperle (Pflanzenbau)  
Christof Gubler (Spezialkulturen)  
Dr. Matthias Schick (Leiter Tierhaltung und Milchwirtschaft)  
David Szalatnay (Leiter Spezialkulturen)  
Daniel Widmer (Pflanzenbau)  
Strickhof, Lindau  
ALN, Baudirektion Kanton Zürich  
Telefon 058 105 98 00  
andreas.ruesch@bd.zh.ch

Dr. Lukas Keller, Leiter Direktzahlungen  
Dr. Susanne Preiswerk (Meliorationen)  
Abteilung Landwirtschaft (ALA)  
ALN, Baudirektion Kanton Zürich  
Telefon 043 259 27 10/66  
lukas.keller@bd.zh.ch  
susanne.preiswerk@bd.zh.ch

### Schwerpunkt Trockensommer 2018

Der extrem trockene Sommer 2018 war ein ausserordentliches Ereignis. In dieser ZUP erläutern mehrere Artikel die Auswirkungen auf Landwirtschaft, Gewässer, Fische, sensible Lebensräume und Arten, Wald, Boden sowie Betriebe und zeigen Massnahmen für die Bewältigung künftiger derartiger Sommer (Seiten 5-28).



Die Zuckerrüben litten sichtlich unter Hitze und Wassermangel.  
Quelle: Jürg Hiltbrunner, Agroscope

Das Klima und der Boden einer Region beeinflussen grundsätzlich die Produktionsmöglichkeiten sowie das Potenzial eines Landwirtschaftsbetriebs. In Kenntnis des Klimas kann sich die Landwirtschaft langfristig orientieren. Das jährliche qualitative und quantitative – also letztendlich das wirtschaftliche – Produktionsergebnis eines Betriebs ist jedoch von der entsprechenden Jahreswitterung bzw. vom Wetter im Jahresverlauf abhängig. Wetterextreme traten die letzten 15 Jahre gehäuft auf. 2018 war eines der extremsten.

### Historische Wettersituation 2018

Mit dem April 2018 begann ein nicht enden wollender Sommer, der lange in Erinnerung bleiben wird. Der April war schweizweit der wärmste, gefolgt vom fünftwärmsten Mai seit Messbeginn 1864. Im April fiel nur gerade 38 Prozent der üblichen Regenmenge. Im Mai waren es immerhin 75 Prozent.

Mit Beginn des Sommers wurde die Situation zunehmend dramatischer. Die Trockenheit setzte sich unvermindert fort. Während der Hauptwachstumszeit im Juni und Juli fiel weniger als die Hälfte der üblichen Regenmenge. Verschärft wurde das Regendefizit durch die extrem hohen Verdunstungsraten von sechs bis neun Liter pro Quadratmeter und Tag. Erst der August brachte wieder normale Niederschlagsmengen. Diese waren jedoch nur ein Tropfen auf den heißen Stein.

Mit Beginn des Herbsts ging zwar die extreme Verdunstung zurück, die Trockenheit setzte sich aber weiter fort. Laut Meteo Schweiz fielen in der Ost-

schweiz von April bis November 2018 nur gerade 59 Prozent der sonst üblichen Regenmenge (1981–2010). Die Jahresmitteltemperatur lag 1,5 Grad über der Norm. Damit war diese Periode die trockenste und wärmste seit Messbeginn. Das Jahr 2018 ging auch als eines der sonnigsten der letzten 155 Jahre in die Geschichte ein.

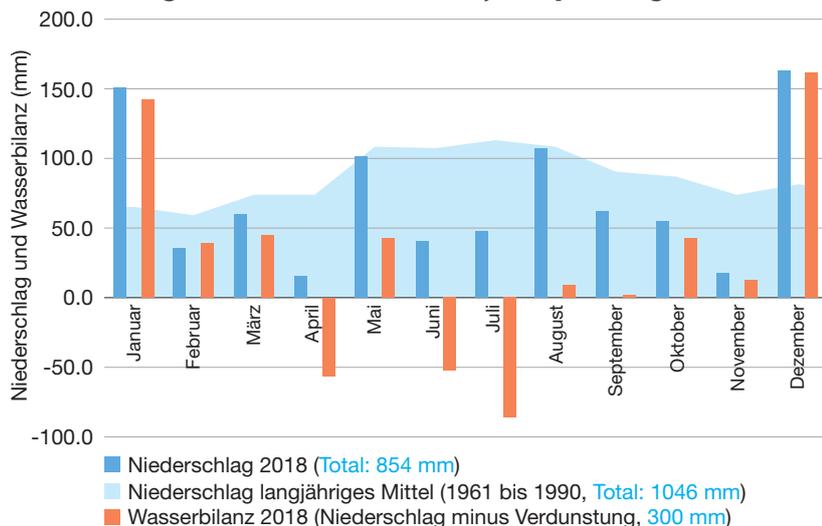
### Sommer-Ackerkulturen litten am meisten

Die im Herbst 2017 gesäten Winterkulturen Getreide und Raps konnten von im Winter aufgebauten Bodenwasserreserven profitieren. Bei diesen Kulturen führte die Trockenheit meist nur zu einer früheren Ernte als sonst. Der Krankheitsdruck war im Vegetations-

### Schweizer Süsskartoffeln, dem Klimawandel sei Dank

Süsskartoffeln kannte man bis vor fünf Jahren hauptsächlich als Importware aus warmen Ländern, weil die Knolle aus der Familie der Windengewächse am besten bei 25°C wächst. Erste Versuche zeigten bald, dass auch im Schweizer Klima Süsskartoffeln produziert werden können. Der Klimawandel kommt dieser Kultur entgegen, was die Wärme betrifft, jedoch ist eine Bewässerung zwingend. Ein hoher Preisdruck aus dem Ausland, eine arbeitsintensive Produktion und hohe Pflanzgutkosten sorgen jedoch dafür, dass Schweizer Süsskartoffeln ein Nischenprodukt bleiben werden.

### Niederschlag und Wasserbilanz 2018, Beispiel Flughafen Zürich



Der Messstandort Flughafen war typisch für viele andere im Jahr 2018: In den Wintermonaten gab es überdurchschnittlich hohe Niederschläge (blau). Im Sommer dagegen regnete es sehr wenig. Durch die Hitze verdunstete zudem aussergewöhnlich viel Feuchtigkeit.  
Quelle: MeteoSchweiz

verlauf erfreulich gering, und die Qualität des Ernteguts war gut. Insgesamt kann trotz vieler Befürchtungen auf ein erfreuliches Getreide- und auch Rapsjahr zurückgeblickt werden.

Sogenannte Sommer-Ackerkulturen wie Zuckerrüben, Sonnenblumen, Mais, Soja und Kartoffeln dagegen, welche über die Sommermonate Juli und August wachsen, waren der extremen Trockenheit wesentlich einschneidender ausgesetzt. Je nach Saatzeitpunkt, Lage, Bodentyp, -mächtigkeit und -bearbeitung fielen die Auswirkungen von Hitze und Trockenheit aber sehr unterschiedlich aus.

Sofern die Möglichkeit zur Bewässerung der Kartoffeläcker bestand, konnten teilweise Spitzenerträge in guter Qualität geerntet werden. Hingegen bildete Mais vielerorts schwache Kolben aus, und auch die Zuckerrüben blieben in Ertrag und Zuckergehalt unter den Erwartungen. Mais und Soja sind grundsätzlich Pflanzen, welche mit trockenen und warmen Bedingungen gut zurecht kommen. In der frühen Jugendentwicklung und vor allem wenige Wochen vor und nach der Blüte reagieren allerdings beide Pflanzen empfindlich auf Hitze und Trockenheit, was zu weniger Ertrag führt. Üblicherweise verbreitete Pilzkrankheiten spielten 2018 in der Regel eine sehr geringe Rolle. Hingegen traten vielerorts Schadinsekten stärker auf.

#### Agrarvollzug: Ausserordentliche Situationen ...

Aufgrund der grossen Trockenheit erliess die Abteilung Landwirtschaft 2018 einige Ausnahmeregelungen für die Landwirte und Landwirtinnen. Die Direktzahlungsverordnung sieht solche Ausnahmen bei ausserordentlichen meteorologischen Ereignissen wie Dürre, Frost, Hagelschlag oder wesentlichen Abweichungen vom langjährigen Mittel vor.

Ab Ende Juli durften Biodiversitätsflächen wie extensive und wenig intensive Wiesen vorzeitig beweidet werden, statt erst ab erstem September (Artikel «Wetterextreme stellen seltene Arten vor die Existenzfrage», Seite 21). Mit dieser Massnahme sollte die Futterknappheit entschärft werden. Zirka zweihundert Betriebe machten davon Gebrauch.

#### ... erfordern ausserordentliche Massnahmen

Da die Trockenheit weiter andauerte, wurden Anfang August weitere Ausnahmen beschlossen:

Bei der Nährstoffbilanz 2018, einem wichtigen Pfeiler für Direktzahlungen im Rahmen des Ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN), durften statt der tiefen Erträge 2018 die Erträge der Bilanz 2017 als Referenzwert eingesetzt werden. Damit wollte man Härtefälle verhindern, da der termingerecht ausgebrachte Dünger von den Pflanzen wegen der Trockenheit nicht in Ertrag umgesetzt werden konnte. Die Auflagen für die Bilanz wären nicht mehr zu erfüllen gewesen.

Der Auslauf der Tiere auf die Weide konnte durch Auslauf in den Laufhof ersetzt werden. Es machte keinen Sinn, die Tiere auf die Weide zu lassen, wenn dort kein Futter vorhanden war. Das hätte höchstens zu Trittschäden auf der Grasnarbe geführt und die Bedingungen für den dringend notwendigen Folgeaufwuchs der Pflanzen verschlechtert.

Da sich die Abreife bei Silo- und Körnermais um mehrere Wochen verfrühte und diese Kulturen wegen Futtermangels bereits vor Ende August geerntet wurden, wurde in diesen Fällen die Begrüpfungspflicht für 2019 aufgehoben. Dies bedeutet, in diesen Fällen mussten nach der Ernte nicht zwingend Zwischen- oder Winterkulturen angesät werden.

#### Standortspezifische Bewirtschaftungsstrategien für Hitze und Trockenheit

Fruchtbare Böden sind die Grundlage der pflanzenbaulichen und letztendlich auch der tierischen Produktion. Gesunde, durchlässige, tiefgründige und mittelschwere Böden liefern auch bei unregelmässigen Niederschlägen genügend Wasser und Nährstoffe für ein gutes Pflanzenwachstum (Artikel «Staubtrocken! Wo Pflanzen am schnellsten durstig sind», Seite 23). Wie schwer (hoher Tongehalt) oder leicht (hoher Sandanteil) und wie tiefgründig der Boden ist, hängt vom Standort ab. Grundsätzlich kann dieser durch die Landwirte kaum beeinflusst werden. Der Bewirtschafter kann allerdings durch regelmässige Zufuhr an organischem Material versuchen, den Humusgehalt zu erhöhen. Denn Humus speichert Wasser und Nährstoffe, was besonders bei flachgründigen oder eher sandigen Böden wertvoll ist.

Mit konservierender Bodenbearbeitung kann zudem versucht werden, die Wasserverdunstung zu vermindern und gleichzeitig den Boden besser vor Erosion zu schützen (z.B. ohne Pflugeinsatz). Denn trotz Zunahme von Hitze und Trockenphasen muss die Landwirtschaft auch vermehrt mit Extremniederschlägen rechnen. Durch eine gute Bodenlockerung (pflanzlich oder mechanisch) können die Wasserinfiltration erhöht und das Wassererosionsrisiko vermindert werden. Auch die Pflanzenwahl entscheidet über Erfolg oder Misserfolg. Im Gegensatz zum langlebigen System Wald kann sie in der Landwirtschaft auch relativ kurzfristig verändert werden.



Schon ab 24 Grad Celsius geraten Rinder in Hitzestress und fühlen sich unwohl, Kühe produzieren weniger Milch. Stalllüftung und Ventilatoren sind dann wichtige Massnahmen. Quelle: agrotech.ch

### Ammoniakverlustrisiko bei Extremwetter

Hitze und Trockenheit bedeuten jedoch auch ein erhöhtes Ammoniakverlustrisiko (Artikel «Güllelager wirkungsvoll abdecken», Seite 35). Die Landwirtschaftsbetriebe sind also bei solchen Wetterextremen auch im Umweltschutz stark gefordert. Ansätze gegen erhöhte Ammoniakverluste sind: Stickstoffdünger früher im Vegetationsverlauf ausbringen, Stickstoffmineraldünger in flüssiger Form ausbringen, stickstoffhaltige Dünger in den Boden einarbeiten, Gülle gut verdünnen bzw. ansäuern oder stabilisierte Stickstoffdünger einsetzen. Um gasförmige Stickstoffverluste möglichst gering zu halten, empfiehlt die gute landwirtschaftliche Praxis beispielsweise Schleppschläuche zu verwenden, die Stickstoffdüngung auf den Pflanzenbedarf auszurichten und sie auf mehrere Gaben aufzuteilen.

### Das Futter wurde knapp

Eine sehr negative Auswirkung auf die landwirtschaftliche Produktion hatte das verminderte Wachstum der Gräser auf den Wiesen und Weiden. Je nach Region mussten bereits Ende Juli Winterfuttermittelvorräte verfüttert werden. Die zu geringen Futtermittelvorräte mussten bei

vielen Betrieben durch teure Zukäufe ausgeglichen werden. Im Rahmen bäuerlicher Selbsthilfe hat der Zürcher Bauernverband deshalb im Sommer 2018 eine eigene Futtermittelbörse ins Leben gerufen. Teilweise wurden aufgrund der Futtermittelknappheit im Sommer 2018 auch Kühe viel früher als üblich und zu deutlich niedrigeren Preisen geschlachtet.

### Kühe mögen es gerne kühl

Langanhaltende Hitzeperioden wie 2018 bedeuten Stress für Mensch und Tier. Die tierischen Leistungen sinken. Kühe fühlen sich bei Temperaturen zwischen 4°C und 16°C und einer Luftfeuchtigkeit von 50 bis 80 Prozent wohl. Dann können sie ihr Leistungspotenzial voll ausschöpfen.

Schon ab einer Umgebungstemperatur von 24°C werden beim Rind erste Anzeichen von Hitzestress erkennbar, egal ob es im Laufstall oder auf der Weide gehalten wird. Solche Stresssymptome sind zum Beispiel erhöhte Atemfrequenz, verkürzte Liegedauer, reduzierte Futteraufnahme, ein Rückgang der Milchleistung sowie ein vermindertes Brunstverhalten. Im Sommer 2018 mit seiner mehrwöchigen Hitzeperiode war das Anpassungsvermögen der Nutz-

tiere sehr stark gefordert und teilweise auch überfordert.

### Massnahmen für das Tierwohl

Als erste und einfachste Massnahme zur Vermeidung von Hitzestress intensivieren Betriebe die Stalllüftung. Eine mechanische Unterstützungslüftung ist



Bei Trockenheit und Hitze gab es nur wenig Futter auf den Weiden. Quelle: ALN

auf jeden Fall sinnvoll und hilft, die grossen Wärmemengen, welche die Kühe produzieren, aus dem Stall zu transportieren.

Bei der Milchviehfütterung müssen ebenfalls einige wesentliche Vorgaben beachtet werden. Kühe nehmen bei grosser Hitze bis zu 170 Liter Trinkwasser je Tag auf. Ausserdem sollte bei Hitzeperioden zehn bis zwanzig Prozent mehr Mineralfutter und Viehsalz in die Ration gegeben werden, um die erhöhte Ausschwemmung auszugleichen.

Falls in Hitzeperioden noch geweidet werden kann, ist unbedingt auf eine ausreichende Wasserversorgung auf der Weide sowie auf Schatten für die Tiere zu achten. Die Nachtweide bietet dann auf jeden Fall Vorteile.

Futterbaulich hat sich die Anlage von Kleegrasmischungen in Trockenperioden als vorteilhaft herausgestellt, da der



Ein Sektor, der vom Sommer 2018 profitierte, war der Weinbau mit einem ausserordentlich guten Jahrgang.  
Quelle: Marianne Baracchi-Meier, Strickhof

## Bewässerungsinfrastruktur für die Landwirtschaft

Die Sicherung der Wasserverfügbarkeit bereitet vielen Gemüsebetrieben Sorgen. Infolge zurückgehender Pegelstände aufgrund abnehmender Niederschläge im Sommer werden an Landwirte erteilte Wasserrechte zum Bezug von Grund- oder Oberflächenwasser teilweise nicht mehr erneuert. Beim Trinkwasser entscheidet die jeweilige Gemeinde, ob, wann, wo und zu welchem Preis sie Wasser an die Landwirtschaft liefert und ob sie es in fünf Jahren auch noch tun will. Im Furtal, in Steinmaur, in Alten, Flaach und Dätwil sind gemeinschaftliche Anlagen in Planung, Bau oder Betrieb, welche diese Liefersicherheit für 20 bzw. 30 Jahre gewährleisten. Die jeweilige Genossenschaft beantragt ein eigenes Wasserrecht und beliefert ihre Mitglieder mit Wasser. Damit werden kleinere Gewässer, Grundwasservorkommen und insbesondere die Trinkwasserversorgungen entlastet. Da im Kanton Zürich jedoch die konzessionierbaren Wassermengen begrenzt sind, steht die Nutzung von Oberflächengewässern durch die Landwirtschaft im Konflikt mit Interessen von Naturschutz, Fischerei und weiteren Nutznießern. Bewässerungsgenossenschaften, deren Wasserrechte in den nächsten Jahren ablaufen, müssen ihr Konzessionsgesuch mit gewichtigen Argumenten einreichen und bei Erneuerung der Konzession mit einer Laufzeit unter zehn Jahren rechnen.

Klee als Tiefwurzler in tieferen Bodenschichten noch Wasser und Nährstoffe erreichen kann. Meisterin der Trockenheitsbewältigung ist die Luzerne, eine Leguminosenart, welche sehr tief wurzelt.

### Schlüsselfaktor Bewässerung

Trockenheit und Hitze kann für sensible Pflanzen mit einem kleinen Wurzelwerk, also für viele Gemüsearten oder frisch gepflanzte Bäume und Reben, zum Problem werden, wenn keine Bewässerung möglich ist. Glücklicherweise musste 2018 im Kanton Zürich dank ausreichender Wasserreserven kein Bewässerungsverbot ausgesprochen werden. Rund 60 Landwirtschaftsbetriebe nutzten 2018 die vom Kanton beschlossene Möglichkeit zur Notbewässerung aus grösseren Zürcher Gewässern (Artikel «Wieviel Wasser ist zu wenig?», Seite 11). Das AWEL erteilte den einzelnen Gemeindebehörden die Kompetenz zur Bewilligung einer Wasserentnahme in den heissesten Sommerwochen aus dem Zürich-, Greifen- und Pfäffikersee sowie aus der Glatt, der Reuss und der Thur. Dadurch konnte punktuell das komplette Austrocknen von Wiesen, Mais, Gemüse sowie jungen Obst- und Christbäumen verhindert werden. Bewässerungsverbote hätten für Spezialkulturbetriebe weitreichende Folgen: geringe Erträge, mangelnde Qualität und in der Folge grosse finanzielle Einbussen. Dank grossem Aufwand, verbunden mit zusätzlichen Kosten, konnten die Zürcher Betriebe mit gezielter Bewässerung dafür sorgen, dass dennoch ansprechende Erträge in Spitzenqualität geerntet werden konnten. So

bescherte der «Sommer ohne Ende» den Traubenproduzenten und Winzern ein Jahr mit extrem früher Weinlese und ausserordentlicher Traubenqualität.

### Kurz zusammengefasst

- Wetterextreme wie 2018 erlebte die Landwirtschaft in den letzten 15 Jahren vermehrt.
- 2018 machte vor allem die langanhaltende Trockenheit zu schaffen.
- Es fehlten grosse Mengen an Futter, was zu teuren Futterzukaufen und teilweise frühzeitigen Schlachtungen führte.
- Einzelne Kulturen konnten gar von der Witterung 2018 profitieren, zum Beispiel die Reben.
- Im Agrarvollzug mussten Ausnahmen gewährt werden, um finanzielle Härtefälle zu vermeiden.
- Tiere geraten in Hitzestress. Kühlung durch Ventilatoren und reichlich Wasserzufuhr lindern den Stress.
- Im Futterbau können Mischungen verschiedener Arten besser mit extremen Witterungsbedingungen umgehen.
- Für Spezialkulturbetriebe ist eine Bewässerungsmöglichkeit in solchen Situationen existenziell.

## Wieviel Wasser ist zu wenig?

**Die ungewöhnliche monatelange Regenarmut sowie die ausserordentliche Hitzeperiode beeinträchtigen 2018 die Oberflächengewässer erheblich, das zeigt das Beispiel Aabach bei Mönchaltorf. Ungenügend verdünntes Abwasser belastete die Wasserorganismen zusätzlich. Wie reagierten die Gemeinden? Wie wirkten Massnahmen wie die Notbewässerung, und wie kann man sich für künftige Trockenperioden wappnen?**

- Kontakt Oberflächengewässerquantität:  
Marco Walser  
Telefon 043 259 32 24  
hydrometrie@bd.zh.ch
  - Kontakt Grundwasser und Wasserversorgung:  
Marco Ghelfi  
Telefon 043 259 39 63  
marco.ghelfi@bd.zh.ch
  - Kontakt Oberflächengewässerqualität:  
Dr. Pius Niederhauser  
Telefon 043 259 91 70  
pius.niederhauser@bd.zh.ch
  - Kontakt Gewässernutzung:  
Hans-Peter Misteli  
Telefon 043 259 43 40  
hanspeter.misteli@bd.zh.ch
- Abteilungen Gewässerschutz und Wasserbau  
AWEL, Baudirektion Kanton Zürich
- Kontakt Meteodaten:  
andreas.fischer@meteoschweiz.admin.ch  
www.meteoschweiz.admin.ch

### Schwerpunkt Trockensommer 2018

Der extrem trockene Sommer 2018 war ein ausserordentliches Ereignis. In dieser ZUP erläutern mehrere Artikel die Auswirkungen auf Landwirtschaft, Gewässer, Fische, sensible Lebensräume und Arten, Wald, Boden sowie Betriebe und zeigen Massnahmen für die Bewältigung künftiger derartiger Sommer (Seiten 5-28).



Tüftalerbach bei Mönchaltorf vor der Mündung in den Aabach im Sommer 2018 (links) und bei normalem Abfluss (rechts).  
Quelle: AWEL

«Jahrhundert-Regenmangel in der Ostschweiz» – so dramatisch beurteilt MeteoSchweiz das letztjährige heisse Sommerjahr. Denn die Rekordwärme 2018 wurde von einer ungewöhnlichen monatelangen Regenarmut begleitet. Tatsächlich fielen in den acht Monaten von April bis November nur 59 Prozent der üblichen Regenmenge. Es fehlte also der Regen von mehr als drei normalen Sommermonaten. Dies ist deutlich das grösste Regendefizit in den Monaten April bis November in der Ostschweiz seit Messbeginn 1864 (Einführungsartikel «Sommer 2018: Dürre im Wasserschloss», Seite 5).

### Tiefer Wasserstand und hohe Temperatur – ein ungutes Paar

Aufgrund der geringen Niederschläge im Juli und August waren auch die Abflussmengen vieler Fliessgewässer im Vergleich zu den letzten Jahren sehr tief. Bei vier Fünftel der mittleren bis kleinen Fliessgewässer lagen die Werte so tief wie im Trockenjahr 2003. Neben den niedrigen Wasserständen erreichten die Wassertemperaturen in manchen Fliessgewässern für Fische und andere Wasserorganismen kritische Werte (Infotext und Grafiken Seite 12).

Auch viele Zürcher Seen wiesen unterdurchschnittliche Pegelstände auf. In den obersten vier bis fünf Metern waren die Seen zwar sehr warm, darunter blieb das Wasser aber kühl und wies dank der kalten zweiten Winterhälfte 2017/18 bis in den Spätsommer gute Sauerstoffgehalte auf. Die geringe Wasserführung der Seeabflüsse brachte auch den Wasserkraftwerken ein schlechtes Jahr ein.

### Fische kann man abfischen, Kleinlebewesen nicht

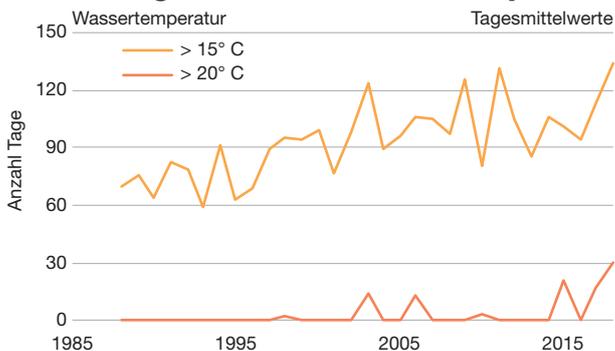
Unter grossem Interesse von Bevölkerung und Medien hat die Fischerei- und Jagdverwaltung (FJV) im Juli und August Fische aus insgesamt rund 200 Bachabschnitten abgefischt und in wasserreichere Gewässerabschnitte umgesiedelt (Artikel «Fische brauchen kühles Wasser», Seite 15). An praktisch ausgetrockneten Abschnitten gehen aber nicht nur Fische ein, sondern auch viele Fischnährtiere und Krebse stehen unter Stress. Biologische Untersuchungen des Amtes für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) belegten zwar, dass trotz geringer Wasserführung die meisten Arten der tierischen Kleinlebewesen den Sommer gut überstanden haben. Dort, wo Bäche jedoch trockengefallen waren, gab es einen Totalausfall. Wie schnell sich die Populationen wieder erholen, hängt stark von den Oberläufen ab, von wo die Organismen wieder einwandern.

### Abwasser gut gereinigt – aber ungenügend verdünnt

Die Abwasserreinigung im Kanton Zürich ist auf sehr hohem technischem Stand, was sich nicht zuletzt auch darin zeigte, dass 2018 keine Verschlechterung der Qualität des eingeleiteten Abwassers eintrat.

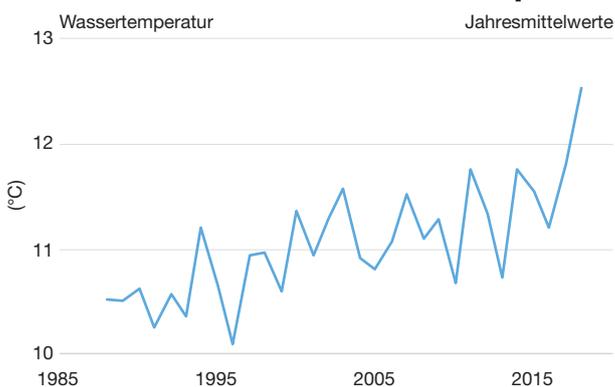
Bei sehr tiefen Gewässerabflüssen ist die Verdünnung des gereinigten Abwassers im Fliessgewässer viel schlechter als erwünscht. So wurden im Sommer 2018 unterhalb von Abwasserreinigungsanlagen (ARA) hohe Konzentrationen von Mikroverunreinigungen gemessen. Dies stellte über die hohen Wassertemperaturen hinaus eine zu-

**Aabach: Tagesmittelwerte Wassertemperatur**



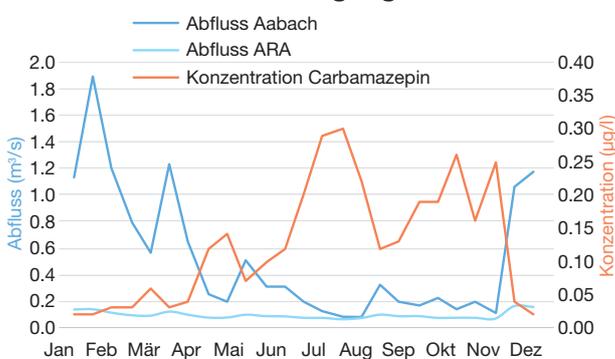
An immer mehr Tagen pro Jahr steigt die Wassertemperatur über 15 Grad, in den letzten Jahren vermehrt über 19 Grad.

**Aabach: Jahresmittelwerte Wassertemperatur**



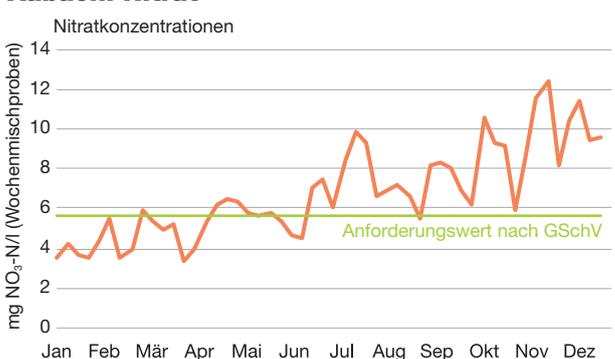
Die Jahresmittelwerte der Wassertemperatur stiegen am Aabach deutlich an.

**Aabach: Mikroverunreinigungen**



Bei tiefem Wasserabfluss stieg im Aabach 2018 die Konzentration von Carbamazepin – einer Mikroverunreinigung aus den beiden ARA Gossau und Egg-Oetwil – stark an.

**Aabach: Nitrat**



Gewitterregen schwebten vor allem im Herbst 2018 zunehmend Nitrat in den Aabach.

**Wie der Aabach unter Hitze und Dürre litt**

Exemplarisch für andere Gewässer kann der Aabach an der hydrometrischen Station Mönchaltorf stehen. Sowohl die durchschnittliche als auch die maximale gemessene Wassertemperatur waren 2018 im Vergleich zu den vergangenen 20 Jahren sehr hoch. Sie lagen an manchen Tagen über 22 beziehungsweise 24°C.



Aabach bei Mönchaltorf.  
Quelle: AWEL

**Viel zu geringe Abflüsse**

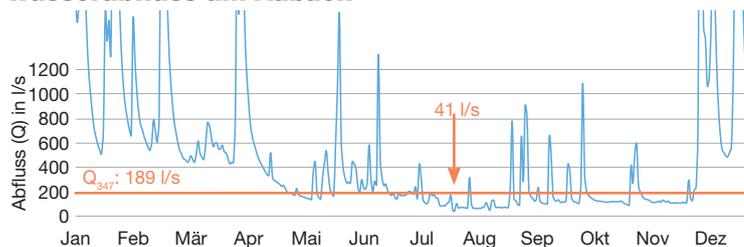
Auch der Wasserpegel und der daraus resultierende Abfluss des Aabachs waren während dieser Monate rekordverdächtig tief. Sonst fließen im langjährigen Periodenmittel (1980–2018) 1040 Liter pro Sekunde durchs Bachbett. Als charakteristischer Wert eines Fließgewässers bzw. als Grundlage zur Festsetzung der Mindestanforderungen dient die Abflussmenge Q347 (der Q347-Wert ist der Abfluss, der im langjährigen Mittel an 347 Tagen überschritten und nur an 18 Tagen pro Jahr unterschritten wird).

Für die Messperiode 1980–2017 betrug dieser Wert 189 Liter pro Sekunde. 2018 wurden jedoch an insgesamt 150 Tagen teilweise deutlich tiefere Abflüsse gemessen! Am 24. Juli 2018 erreichte das Tagesmittel gar das extreme Minimum von nur noch 41 Litern pro Sekunde (Grafik unten). Diese geringe Tageswassermenge entspricht fast der Menge an gereinigtem Abwasser, die an diesem Tag aus den ARA Gossau und Egg-Oetwil eingeleitet wurde.

**Aufkonzentrierte Mikroverunreinigungen**

Da die Fracht an Mikroverunreinigungen aus der ARA mehr oder weniger konstant ist, war beispielsweise die Konzentration des Arzneimittelwirkstoffs Carbamazepin im Juli und August aufgrund der geringen Wasserführung sehr hoch (Grafik unten links). Auch die Nitratkonzentrationen stiegen an, obwohl die Auschwemmung der sich infolge der Trockenheit bzw. der dadurch bedingten geringen Aufnahme von Nitrat durch die Pflanzen im Boden gebildeten Nitratdepots erst im Winter passiert (Grafik unten).

**Wasserabfluss am Aabach**



2018 wurden an insgesamt 150 Tagen tiefere Abflüsse gemessen als im langjährigen Mittel (Q347-Wert von 189 l/s, siehe Text oben). Am 24. Juli 2018 erreichte das Tagesmittel gar das extreme Minimum von nur noch 41 Litern pro Sekunde.

Quelle aller Grafiken: AWEL

sätzliche Belastung der Wasserorganismen dar. Trotz des erhöhten Abwasseranteils mussten weder Badeverbote ausgesprochen werden, noch kam es zu abwasserbedingtem Fischsterben.

### Grund- und Quellwasser litten – aber weniger als Bäche

Die akuten Auswirkungen der Trockenheit auf die grossen Grundwasservorkommen waren deutlich weniger ausgeprägt als auf die Oberflächengewässer. Dies liegt vor allem daran, dass die bedeutenden Grundwasservorkommen im Kanton Zürich von mittleren und grossen Flüssen gespeist werden und die Wasserführung dieser Flüsse die Grundwasservorkommen auch während der Trockenperiode 2018 noch zu alimentieren vermochten.

Am meisten von der Trockenheit betroffen waren neben kleinen Grundwasservorkommen Quellen, bei denen das Wasser aus relativ oberflächennahen Schichten stammt. Die Erträge können bei solchen Quellen deutlich zurückgehen, oder die Quellen können gar versiegen.

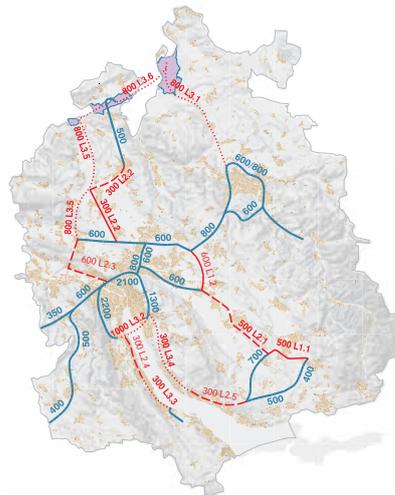
Die grösseren Grundwassersysteme reagieren in der Regel träge. Die Zürcher Grundwasserspeicher wurden bis heute noch nicht wieder vollständig aufgefüllt. Ende Mai 2019 lagen die in den kantonalen Grundwasserpegeln gemessenen Grundwasserstände ungefähr zur Hälfte immer noch tiefer als im langjährigen Schnitt und auch tiefer als ein Jahr zuvor.

### Trinkwasserversorgung sichergestellt

In wenigen Gemeinden zeichneten sich in der zweiten Jahreshälfte lokale Engpässe ab. Die Trinkwasserversorgung der Bevölkerung war jedoch jederzeit sichergestellt. Einerseits macht sich in derart kritischen Phasen die umsichtige Planung bezahlt, welche seit vielen Jahren die Vernetzung der verschiedenen Versorgungsgebiete im Kanton verfolgt. Andererseits erweist sich als überaus hilfreich, dass die Trinkwasserversorgung zu 40 Prozent mit Zürichseewasser erfolgen kann.

Versorgungengpässe könnten künftig vor allem dort auftreten, wo für die Trinkwasserversorgung einzig kleine Grundwasservorkommen oder auf Trockenheit mit grossem Ertragsrückgang reagierende Quellen zur Verfügung stehen und keine Fremdwasserbezüge möglich sind. Grosse Wasserbezüger wie zum Beispiel Bewässerungsanlagen der Landwirtschaft oder Betriebe können zu einer Verschärfung der Situation beitragen.

## Überregionale Vernetzung der Wasserversorgungen



Eine Massnahme ist der künftige Ausbau des Trinkwasserverbunds. – bestehende Leitungen, – Ausbautetappen (kantonaler Richtplan).  
Quelle: AWEL

### Kanton nahm die Trockenheit sehr ernst

Auf kantonaler Ebene wurde unter der Führung der Kantonspolizei der «Teilstab Trockenheit 2018» der kantonalen Führungsorganisation KFO einberufen. Darin vertreten waren die Kantonspolizei Zürich, verschiedene kantonale Fachstellen aus der Baudirektion (AWEL, Fischerei- und Jagdverwaltung, Abteilung Wald, Kommunikation), Feuerwehr, Schutz & Rettung Zürich, Gebäudeversicherung Kanton Zürich GVZ sowie der Gemeindepräsidentenverband.

In erster Linie wurde in diesem Gremium die Lage bezüglich der Waldbrandgefahr erörtert und entsprechende Empfehlungen abgegeben. Daneben wurde aus Sicht der diversen Fachbereiche über die Trockenheitssituation sowie getroffene Massnahmen informiert, beispielsweise über das Abfischen von Bachabschnitten oder über Zugangsbeschränkungen bei Oberflächengewässern zum Schutz von temperaturempfindlichen Fischen. Als Informationsinstrument für die Allgemeinheit stand die kantonale Webseite [www.trockenheit.zh.ch](http://www.trockenheit.zh.ch) zur Verfügung.

### Notbewässerungen in der Landwirtschaft

Die anhaltende Trockenperiode wurde für landwirtschaftliche Kulturen kantonsweit zu einem ernsthaften Problem. Das AWEL hat darum bereits im Juli 2018 den Gemeinden die Kompetenz übertragen, Wasserentnahmen für landwirtschaftliche Notbewässerungen

zu bewilligen. Dies war allerdings nur aus grossen und leistungsfähigen Gewässern gestattet: Zürich-, Greifen- und Pfäffikersee sowie Rhein, Thur, Limmat, Sihl, Reuss und Glatt (Artikel «2018 – Sonne und Schatten für die Landwirtschaft», Seite 7).

### Wasserrecht: Wieviel Wasser darf man aus Oberflächengewässern entnehmen?

Alle Wassernutzungen sind gesetzlich geregelt. So muss zum Beispiel bei Wasserentnahmen für jeden Gewässerabschnitt die zum Schutz der Wasserlebewesen vorgeschriebene Restwassermenge im Gewässer verbleiben. Sinken die Abflusswerte unter das Mass von Q347 (siehe Infotext «Viel zu tiefe Abflüsse», Seite 12), kann vorübergehend die Wasserentnahme untersagt werden. Notentnahmen sind zudem nur möglich für Landwirte, nicht für Unternehmen oder Private.

### Wie Gemeinden betroffen waren und reagierten

Einzelne Gemeinden riefen 2018 zum Wassersparen auf und stellten teilweise die am Versorgungsnetz angeschlossenen Laufbrunnen ab. Dies geschah in der Regel vorsorglich, um die eigenen Wasserressourcen zu schonen, da der Bezug von Fremdwasser in der Regel Mehrkosten verursacht. Um grössere Trockenheitsschäden an bewässerungsbedürftigen kommunalen Anlagen wie zum Beispiel Fussballplätzen zu vermeiden, wurden diese aber in der Regel bewässert.

Wie viele Gemeinden eine Notbewässerungsstelle eingerichtet und wie

### Grundwasserrechtliche Konzession

Wer Grund-, Quell- und Drainagewasser nutzen will, braucht dafür eine wasserrechtliche Konzession oder Bewilligung des AWEL. Dies gilt sowohl für die Nutzung als Trinkwasser als auch für die Nutzung als Brauchwasser (z. B. für die Kühl- oder Wärmenutzung oder zum Bewässern von Kulturen). Vergeben wird eine solche Konzession für 15 bis höchstens 80 Jahre und ist mit Gebühren abzugelten. Bewilligungen für Wasserentnahmen aus dem Grundwasser analog der «Notbewässerung» (Bewilligung für Wasserentnahmen aus Oberflächengewässern) werden nicht erteilt.

viele Landwirte davon Gebrauch gemacht haben, wurde in einer Studie am Strickhof evaluiert: Von 1000 Landwirtschaftsbetrieben im Kanton Zürich besitzen rund 160 bereits eine Konzession zur Wasserentnahme, rund 60 weitere erhielten 2018 eine Bewilligung zur Notbewässerung.

### Mit guter Kommunikation um Verständnis werben

Bei der Nutzung des Wassers müssen selbst im «Wasserschloss» Schweiz ganz unterschiedliche Interessen berücksichtigt werden. Neben Landwirtschaft und Betrieben sind dies zum Beispiel die Trinkwasserversorgung, die Anliegen der Fischerei sowie der Naturschutz.

Geht es darum, seine Kulturen zu retten, ist es für einen Landwirt wohl schwierig nachzuvollziehen, wenn er dafür aus einem nahegelegenen Gewässer kein Wasser entnehmen darf. Für Passanten mag es ebenso wenig verständlich sein, wenn die Wasserentnahme aus einem grösseren Gewässer wie der Thur oder auch der Glatt mit bereits ungewöhnlich tiefem Pegel zur Bewässerung oder Kühlung zugelassen wird. Schwierig kann es auch sein, der Bevölkerung zu erklären, warum eine Gemeinde Laufbrunnen abstellt und ihre Einwohnerschaft zum Wassersparen aufruft, gleichzeitig jedoch ihren Fussballplatz bewässert (s. o.).

In all diesen Fällen hilft meist nur eine gute Kommunikation (zum Beispiel mit Plakaten vor Ort), mit der die Zusammenhänge aufgezeigt werden, um so Verständnis zu schaffen.

### Wie sich die Gemeinden wappnen können

Um Kenntnis über das Ausmass der Trockenheit zu erlangen, versandte das AWEL einen Fragebogen an alle Wasserversorgungen, der demnächst ausgewertet werden kann. Bei Gemeinden, für die die Trockenheit 2018 eine besondere Herausforderung darstellte, wird das AWEL eine vertiefte Analyse der Auswirkungen der Trockenheit vornehmen. Sollte sich zeigen, dass es noch Potenzial für Verbesserungen gibt, werden entsprechende Massnahmen eingeleitet (z. B. Ausbau des zweiten Standbeins), um künftigen, eventuell sogar wiederholt auftretenden Trockenheiten mit noch grösserer Sicherheit begegnen zu können.

Im Interesse der Gewässerqualität werden zudem einige Abwasserreinigungsanlagen ausgebaut, damit sie auch Mikroverunreinigungen aus dem Ab-

wasser eliminieren können. Bei der Erneuerung einer ARA muss zudem geprüft werden, ob ein Anschluss an eine grössere Anlage mit Einleitung in ein leistungsstärkeres Fliessgewässer ökologischer und ökonomischer ist, analog zum Projekt am Oberlauf der Töss («Der schlaue Weg zum Schutz von Trinkwasser», Seite 29).

### Kanton muss vorausschauend und strategisch planen

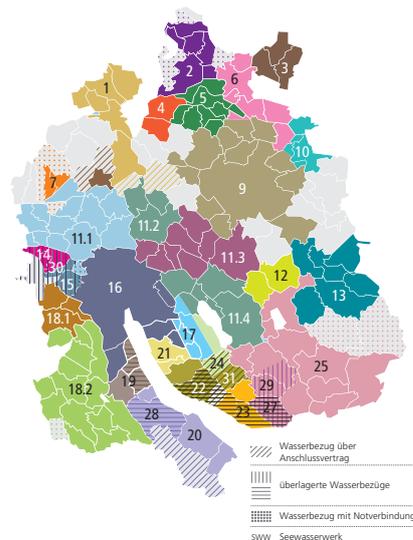
An einem runden Tisch wollen die betroffenen kantonalen Ämter eruieren, inwiefern vor allem die Massnahme der Notbewässerung die Auswirkungen der Trockenheit im Kanton lindern konnte. In jedem Fall muss die künftige Wasserentnahme aus Gewässern über die Erteilung von rechtsgültigen wasserrechtlichen Konzessionen geregelt werden und nicht über die Freigabe ausgesuchter Gewässer zur Notbewässerung, damit nicht alle zwei bis drei Jahre Bewilligungen für Notbewässerungen erteilt werden müssen. Nur so lässt sich auch die Einhaltung der Restwasserbestimmungen für die kantonalen Gewässer langfristig überwachen und sicherstellen.

Im Oktober 2018 wurde der «Massnahmenplan zur Anpassung an den Klimawandel» festgesetzt. In Aus-, Weiterbildungs- und Beratungsangeboten des Strickhofs wird das Thema effizienter landwirtschaftlicher Bewässerungsverfahren intensiviert. Zudem sollen die Landwirtinnen und Landwirte zielgruppengerecht über die klimatischen Änderungen informiert werden, damit sie diese in ihren langfristigen betrieblichen Planungen berücksichtigen können. Darüber hinaus wird einerseits der Wasserbedarf flussufernaher Feucht-



Städte und Gemeinden stellen die Versorgung mit Trinkwasser sicher (Foto: Seewasserwerk Männedorf).  
Quelle: Osterwalder, Geisser & Brugger AG

### Vernetzung der Wasserversorgungen



Gruppenwasserversorgungen im Kanton Zürich.  
Quelle: AWEL

lebensräume aus Grund- und Oberflächengewässern beurteilt (Artikel «Wetterextreme stellen seltene Arten vor die Existenzfrage», Seite 21). Andererseits wird im Massnahmenplan die künftige Entwicklung des Wasserdargebots der grossen Flüsse und Seen analysiert. Beides dient der Abschätzung des künftig nutzbaren Wasserdargebots, zum Beispiel für Wasserentnahmen aus Oberflächengewässern für landwirtschaftliche und industrielle Zwecke oder solchen zu Gunsten des Naturschutzes (Teiche, Moore etc.). Hier können die Interessen von Naturschutz, Fischerei etc. einbezogen werden, vielleicht muss gar über einen Verteilschlüssel nachgedacht werden. Bei Auswirkungen von Trockenheit und Hitze auf Gewässer spielt schliesslich auch deren Morphologie eine Rolle. So soll bei Revitalisierungen eine Niederwasserrinne realisiert werden, und es muss auf eine angemessene Beschattung geachtet werden.

### Nach der Trockenheit ist vor der Trockenheit

Wie Daten von Meteoschweiz zeigen, waren die Witterungsverhältnisse der ersten Jahreshälfte 2019 bis Mai bisher durchschnittlich. Der Juni war überdurchschnittlich warm und lokal extrem trocken. Wie das Jahr 2019 insgesamt verlaufen wird, kann man noch nicht sagen. Mit weiteren Trockensommern muss gerechnet werden. Die Frage ist nicht, ob ein solcher Sommer erneut auftreten wird, sondern wann. Und das kann schon bald sein.

## Fische brauchen kühles Wasser

**Nicht nur die Lufttemperatur erreichte im Sommer 2018 Spitzenwerte, sondern auch die Wassertemperaturen. Der aussergewöhnliche Sommer setzte den Fliessgewässern und seinen Bewohnern im Kanton Zürich besonders stark zu. Vor allem kälteliebende Fischarten wie die Bachforelle und die Äsche litten unter den extremen Wetterbedingungen.**

Maja Kevic, Praktikantin  
Lukas Bammatter, Adjunkt Fischerei  
Fischerei- und Jagdverwaltung  
Amt für Landschaft und Natur ALN  
Baudirektion Kanton Zürich  
Telefon 043 257 97 56  
lukas.bammatter@bd.zh.ch  
www.fjv.zh.ch

### Schwerpunkt Trockensommer 2018

Der extrem trockene Sommer 2018 war ein ausserordentliches Ereignis. In dieser ZUP erläutern mehrere Artikel die Auswirkungen auf Landwirtschaft, Gewässer, Fische, sensible Lebensräume und Arten, Wald, Boden sowie Betriebe und zeigen Massnahmen für die Bewältigung künftiger derartiger Sommer (Seiten 5-28).



Zonen mit kühlen Grundwasseraufstössen im Rhein werden von den Fischen während Hitzeperioden als Rückzugsort genutzt. Eine temporäre Absperrung schützt sie vor dem regen Badebetrieb.

Quelle: FJV

Für den Metabolismus von aquatischen Lebewesen, insbesondere Fischen, ist die Temperatur ein zentraler Faktor. Die Umgebungstemperatur beeinflusst sowohl biochemische wie auch physische Prozesse der Fische entscheidend. Je nach Entwicklungsstadium können die Temperaturbedürfnisse ganz unterschiedlich sein. Während die Forelle im Eistadium maximal 15 Grad erträgt, liegt die Toleranzgrenze bei den erwachsenen Tieren bei über 25 Grad.

### Fische bekommen Herzrasen und sind anfällig für Krankheiten

Bei kälteliebenden Fischarten wie der Forelle oder der Äsche bedeuten hohe Wassertemperaturen einen grossen metabolischen Umsatz. Dies erzeugt einen höheren Bedarf an Sauerstoff, der durch einen erhöhten Herzschlag ausgeglichen wird. Dauert dieser Zustand über längere Zeit an, bedeutet das einen erheblichen Stress für das Tier und kann, auch wenn genügend Sauerstoff im Wasser gelöst ist, zu einem Organversagen führen. Weissfische wie Karpfen, Rotaugen oder Alet weisen gegenüber warmen Temperaturen eine deutlich höhere Toleranz auf als Salmoniden wie Forelle und Äsche.

Zusätzlich treten parasitäre Krankheiten wie zum Beispiel die Proliferative Nierenkrankheit (PKD) bei wärmeren Wassertemperaturen verstärkt auf. Im Zusammenspiel mit der reduzierten Immunabwehr der hitzestressierten Forelle führt PKD zu einer hohen Mortalität. Im Kanton Zürich ist die Krankheit be-

reits in sämtlichen Unterläufen aller Einzugsgebiete vorhanden. Es ist davon auszugehen, dass die höheren Wassertemperaturen einen massgeblichen Faktor für den starken Fischrückgang in den Fliessgewässern darstellen.

### 2018 wurden tausende Fische umgesiedelt

Nachdem seit April Niederschläge weitgehend ausgeblieben waren, traten bereits Ende Juni durch die tiefen Wasserpegel erste Probleme auf (Artikel «Wieviel Wasser ist zu wenig?», Seite 11). Ab diesem Zeitpunkt mussten regelmässig Bäche abgefischt werden, die auszutrocknen drohten. Die Lage spitzte sich bis Anfang August weiter zu. In gewissen Regionen, insbesondere im Einzugsgebiet der Töss, fielen nahezu sämtliche Bäche trocken. Die Fischereiaufseher und ihre nebenamtlichen Helfer mussten insgesamt rund 200 Trockenheitsabfischungen durchführen und tausende Fische aus über 120 Kilometer Fliessgewässerstrecke in wasserreichere Abschnitte umsiedeln. Trockenheitsbedingte Abfischungen haben 2018 die Zahlen der letzten Jahre um ein Vielfaches überstiegen.

### Der Rhein war 2018 viel zu warm

Den Fischen im Rhein setzte insbesondere die hohe Wassertemperatur stark zu. Sie lag über mehrere Wochen fast durchgehend bei 25 Grad und darüber. Ab dem 3. August wurden vermehrt verendete Fische gefunden. Das Fischsterben nahm bis zum 6. August stetig zu. Erst



Kein Wasser in Sicht. Aus über 120 Kilometer Fliessgewässerstrecke mussten die Fischereiaufseher im Kanton Zürich die Fische in wasserreichere Abschnitte umsiedeln.  
Quelle: FJV

ein grösseres Gewitter am 9. August entspannte die Situation. Auf dem Zürcher Rheinabschnitt wurden rund zwei Tonnen tote Fische von der Fischereiaufsicht und den Revierpächtern eingesammelt. Es handelte sich grösstenteils um Äschen, Aale, Alet, Barben und Forellen. Vereinzelt waren auch Karpfen sowie weitere Weissfische betroffen.

### **Kühles Wasser durch Beschattung und tiefe Kolke**

Da in Zukunft vermehrt mit ausgeprägten Hitze- und Trockenheitsphasen zu rechnen ist, kommt der naturnahen Gestaltung von Fliessgewässern besondere Bedeutung zu. Damit sich Flüsse und Bäche bei starker Sonneneinstrahlung nicht zu stark erwärmen, müssen sie durch möglichst üppigen Uferbewuchs beschattet werden. Ausserdem



Äschen haben es nicht gerne warm.  
Quelle: FJV

ist die Sohle mit einer ausgeprägten Niederwasserrinne zu versehen, um auch bei Niedrigabflüssen ausreichend tiefe Fliesspartien sicherzustellen. Nicht zuletzt braucht es eine regelmässige Abfolge an tiefen Kolken, die kühles Wasser speichern und ein ideales Rückzugsrefugium bei längeren Hitzeperioden für die Fische bilden.

### **Kaltwasserzonen im Rhein schaffen**

In den Nachbarkantonen Schaffhausen und Thurgau haben künstlich geschaffene Kaltwasserzonen an Bachmündungen im Rhein grosse Wirkung gezeigt. Vor allem Äschen und Forellen schwammen stellenweise zu Tausenden in die bis zu zehn Grad kühleren Gewässerbereiche. Nicht überraschend konnte man bei Bestandenserhebungen im 2019 in den Abschnitten dieser Kaltwasserrefugien noch am meisten Äschen feststellen. Für die Zukunft sollen deshalb diese Kaltwasserzonen noch weiter ausgebaut und optimiert werden.

Da es im Zürcher Rhein nur wenige grössere, kühle Zuflüsse gibt, ist nun geplant eine Stelle mit starken Grundwasseraufstössen für die Nutzung als Kaltwasserrefugium aufzuwerten. Dazu soll im Rhein ein Damm geschüttet werden, der das warme Rheinwasser während einer Hitzeperiode abweist und dahinter das kühle Grundwasser als Zufluchtsort für die Fische sammelt.

### **Konzepte für kommende Trockenperioden**

Zuletzt braucht es auch aufseiten der Wassernutzung griffige Konzepte. Durch Wasserentnahmen wie zum Beispiel für die Bewässerung von Agrarflächen kann sich das Niedrigwasserproblem während der Trockenperioden zusätzlich verschärfen. Es muss eine Lösung gefunden werden, wie speziell während Trockenphasen das Wasser genutzt werden darf. Vorstellbar ist zum Beispiel ein Notfallkonzept, das bei extrem niedrigen Abflüssen und hohen Wassertemperaturen die Wasserentnahmen für die Landwirtschaft einschränkt oder kurzzeitig untersagt.

## Borkenkäfer, Zwangsnutzung und Waldbrandgefahr

Bei extremer Trockenheit wachsen die Wälder schlechter und werden anfällig auf Schädlinge wie den Borkenkäfer. Wegen Waldbrandgefahr wurde im letzten Sommer ein Feuerverbot im Wald und in Waldesnähe ausgesprochen. Als langfristige Strategie bleibt vor allem die vorbeugende Verjüngung des Waldes mit weniger anfälligen Baumarten.

Urs Kamm, Waldentwicklung und Ressourcen  
Abteilung Wald  
Amt für Landschaft und Natur ALN  
Baudirektion Kanton Zürich  
Telefon 043 259 51 25  
urs.kamm@bd.zh.ch  
www.wald.kanton.zh.ch  
www.trockenheit.zh.ch  
Voraussichtlich ab Juli:  
www.zh.ch/waldbrandgefahr

→ BAFU  
www.waldbrandgefahr.ch  
flamma@bafu.admin.ch

→ ZUP91, Artikel «Die Fichte auf dem Rückzug vor dem Klimastress»  
→ Veranstaltungen Seite 48, «Wald im Klimawandel»

### Schwerpunkt Trockensommer 2018

Der extrem trockene Sommer 2018 war ein ausserordentliches Ereignis. In dieser ZUP erläutern mehrere Artikel die Auswirkungen auf Landwirtschaft, Gewässer, Fische, sensible Lebensräume und Arten, Wald, Boden sowie Betriebe und zeigen Massnahmen für die Bewältigung künftiger derartiger Sommer (Seiten 5-28).



Waldrand in Bülach am 25. Juli 2018: Während die Eichen trotz Trockenheit grün im Saft stehen, zeigen die Buchen, die weniger tief wurzeln, zum Teil bereits im Sommer eine herbstliche Blattfärbung.

Quelle: Urs Kamm, Abt. Wald

Wie sich die extreme Sommertrockenheit 2018 direkt auf den Wald und die Bäume auswirkte, war im letzten Sommer für aufmerksame Waldspaziergängerinnen und -spaziergänger gut sichtbar. Schon Ende Juli sah es mancherorts aus wie im Herbst – verfärbte Baumkronen und trockenes Laub am Boden (Foto oben). Jedoch werden nicht alle Baumarten gleichermaßen von einer solchen Trockenheit beeinträchtigt. Bei den Laubbaumarten litt die im Zürcher Wald mit Abstand häufigste Baumart, die Buche, am stärksten und hatte braune Kronen, während benachbarte Eichen weiterhin ein grünes Blätterkleid trugen.

### Vorzeitige Herbstfärbung und Blattabwurf als kluge Strategie

In ihrem langen Leben müssen Bäume mit hoher Wahrscheinlichkeit Phasen erhöhter Trockenheit überstehen und können diesen nicht durch Abwanderung ausweichen. Deshalb haben Bäume «Strategien» für den Umgang mit Wassermangel entwickelt. Um die Verdunstung und somit den Wasserverbrauch zu reduzieren, verschliessen sie als Erstes die Spaltöffnungen («Poren») der Blätter. Hält die Trockenheit länger an, verfärben sich die Blätter, denn Blattgrün sowie eingelagerte Nährstoffe werden aus ihnen abtransportiert, dann werden die Blätter frühzeitig abgeworfen.

Sehr starke Trockenheit wie im Sommer 2018 führt neben vorzeitigen Blattabwürfen auch vereinzelt zum spontanen Abbrechen ganzer und noch grüner Äste. Ein bekanntes Phänomen, das sich Sommerbruch beziehungsweise Grünastabbruch nennt (Plakat rechts).

### Erhöhte Waldbrandgefahr im August 2018

Eine weitere direkte Auswirkung der grossen Sommertrockenheit war die Waldbrandgefahr. So musste der Kanton Zürich kurz vor dem Nationalfeiertag vom 1. August nach wochenlanger Trockenheit und anhaltend hohen Temperaturen ein absolutes Feuerverbot in Wäldern und in Waldesnähe aussprechen. Im Abstand von 200 Metern zum Waldrand war es weder erlaubt zu grillieren noch Feuerwerk abzubrennen. Erst nach über 40 Tagen konnte dieses Verbot nach kräftigen Regenfällen wieder aufgehoben werden. Erfreulicherweise stiess die Massnahme bei der Bevölkerung auf grosses Verständnis und wurde weitgehend eingehalten. Die Präventionsmassnahmen haben sich bewährt: Es wurden im Kanton keine grösseren Brände registriert (Infotext rechts).

### Borkenkäfer profitieren doppelt von der Trockenheit

Durch Trockenheit gestresste Bäume wachsen nicht nur schlechter, sie sind auch weniger widerstandsfähig und somit anfälliger für Krankheiten und Schädlinge. Ein bekanntes Beispiel für den engen Zusammenhang von Trockenheit, Wärme und Waldschäden sind die Borkenkäfer, allen voran der Buchdrucker an der häufigsten Nadelbaumart Fichte. Während eine vitale Fichte anbohrende Borkenkäfer durch Harzfluss abwehren kann, ist ein trockengestresster Baum den Käfern weniger gut gewachsen. Neben den reduzierten Abwehrmöglichkeiten des Baums ist auch die Anzahl der Borkenkäfer für die erfolgreiche Besiedelung eines Baums massgebend.



Wegen der charakteristischen Frassspuren wird der Borkenkäfer auch Buchdrucker genannt.  
Quelle: Petr Kapitola, CISTA

## Waldbrandgefahr und Feuerverbot

Warnungen bzw. Feuerverbote im Wald stützen sich auf die Gefahrenbeurteilung durch die kantonalen Forstdienste. Im Kanton Zürich schätzt der Forstdienst die Waldbrandgefahr jeweils durch Umfragen bei den Revierförstern ein. Zuständig für ein allfälliges Feuerverbot in Wald und Waldesnähe ist der Kantonsforstingenieur. Dieses gilt auf dem ganzen Kantonsgebiet. Für das restliche Gebiet (Feld und Flur, Siedlungsgebiet) sind die Gemeinden zuständig, das heisst, jede Gemeinde kann für ihr Territorium selbst ein entsprechendes Verbot erlassen.

Die Website des Kantons informiert über die Waldbrandgefahr, die Massnahmen und die genauen Bestimmungen. Bei einem Feuerverbot bringen die Revierförster an Waldeingängen und Feuerstellen Plakate an.

Der Kanton prüft zurzeit die Entwicklung von Empfehlungen für die Gemeinden bei der Umsetzung eines Feuerverbots.

Erich Good, Waldentwicklung und Ressourcen, Abteilung Wald, Kanton Zürich,  
Telefon 043 259 2978, erich.good@bd.zh.ch

Die Populationen des Buchdruckers waren bereits 2017 relativ gross (Grafik Seite 19). Dann fegte Anfang Januar 2018 der seit Lothar stärkste Sturm in der Schweiz – der Wintersturm «Burglind» – über das Land und sorgte für reichlich vorhandenes Brutmaterial für den Borkenkäfer. Im Kanton Zürich betrug die Schadholzmenge rund 145 000 Kubikmeter, wobei es sich bei drei Vierteln des Schadholzes um Fichten handelte (in einem normalen Jahr werden zwischen 400 000 und 500 000 Kubikmeter Holz geschlagen). So waren die Vermehrungsmöglichkeiten für die Borkenkäfer bereits Anfang 2018 beinahe ideal. Der markante Temperaturanstieg im Frühjahr und die folgende Sommertrockenheit waren folglich die Ursache dafür, dass viel mehr Bäume durch den Käfer befallen wurden und vorzeitig als «Käferholz» geschlagen werden mussten. Die Käfer profitieren auch direkt vom warmen trockenen Klima, da die Entwicklungsgeschwindigkeit der Larven temperaturabhängig ist. So konnten 2018 drei Borkenkäfergenerationen heranwachsen, während im «Normalfall» nur zwei Generationen pro Saison möglich sind.



Bei einem Feuerverbot bringen die Revierförster an Waldeingängen und Feuerstellen Plakate an.  
Quelle: Abteilung Wald



Wie diese Gefahrentafel der Stadt Zürich zeigt, bestand nicht nur Brandgefahr.  
Quelle: Abteilung Wald

### Bekämpfungsmassnahmen durch Pauschalbeiträge ergänzt

Kantonsweit wurden 2018 im Vergleich zum Vorjahr gut doppelt so viele Befallsherde gezählt. Die Anzahl der gefundenen Käferester war 2018 fast so hoch wie im Extremjahr 2003, wobei die Werte von 2003 regional deutlich übertroffen wurden. Als Präventions- und Bekämpfungsmassnahmen wurden Fichtenstämme geschält, gehackt oder auf Zwischenlager ausserhalb des Walds transportiert. Die Abteilung Wald unterstützte die Förster und Waldeigentümer mit Pauschalbeiträgen, welche zumindest einen Teil der «käferbedingten» Mehrkosten decken konnten.



August 2018: Die Feuerwehr brauchte Stunden, um die 2000 Quadratmeter grosse Brandfläche am Osthang des Uetlibergs zu löschen.  
Quelle: Schutz & Rettung Zürich

**Was kann man aus vergangenen Trockenperioden lernen?**

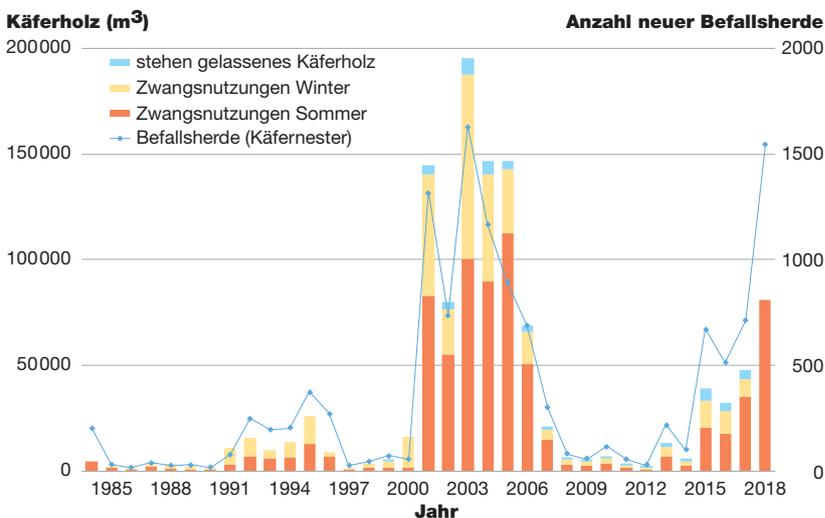
Wie wirken sich ein solcher Trockensommer sowie allfällige weitere künftige Trockensommer langfristig auf den Wald aus? Im Umgang mit langlebigen Ökosystemen wie dem Wald ist man geneigt, auf Erfahrungswissen aus der Vergangenheit zurückzugreifen. Den-

noch ist fraglich, ob dies im Zusammenhang mit der Trockenheit für den Wald sinnvoll ist, ob also vergangene Ereignisse auf die heutigen und zukünftigen Verhältnisse übertragbar sind.

Dazu folgendes Beispiel: In den Jahren 1945 bis 1953 wurden innert neun Jahren sechs der heiss-trockensten Sommer seit Messbeginn verzeichnet. In der

damaligen Diskussion wurde vor einer drohenden Versteppung des Mittellandes gewarnt. Neben Borkenkäfermassenvermehrungen blieben jedoch weitere markante Schäden am Wald aus. Heute weiss man aufgrund langjähriger Messreihen (seit 1984), dass sich die Verhältnisse geändert haben und weiter zunehmend verändern. So schreitet die Bodenversauerung in den Wäldern fort. Zudem verschlechtern hohe Stickstoffeinträge die Versorgung mit den übrigen Nährstoffen für die Bäume und wirken sich negativ auf die Mykorrhizapilze im Boden aus. Der Rückgang dieser Pilze verschlechtert wiederum die Wasser- und Nährstoffaufnahme der Bäume. Folglich könnten mehrere Trockenjahre in Folge heute für die Bäume schädlicher sein als noch in der Mitte des letzten Jahrhunderts.

**Borkenkäferpopulation und Käferholzmengen von 1984 bis 2018**



Grosse Käferpopulationen sorgen dafür, dass viel Holz zwangsgenutzt werden muss. Trockenheit und Hitze begünstigen die Käfer und sorgen daher für ökonomische Einbussen.  
Quelle: Abteilung Wald

**Werden sich die geschwächten Bäume 2019 erholen?**

Zwar bedeuten trockene Blätter oder blattlose Baumkronen an Laubbäumen im Sommer (noch lange) nicht, dass die betroffenen Bäume gestorben sind. Da Bäume ohne Blätter jedoch keine Photosynthese betreiben können, dürften die betroffenen Bäume im Jahr 2018 deutlich weniger stark gewachsen sein als üblich. Trotzdem können sie sich bei guter Wasserversorgung 2019 wahrschein-



Über die Anpassungsfähigkeit der Wälder an künftige Veränderungen kann man nur spekulieren.  
Quelle: Nebelspalter, 1989

lich zum Grossteil wieder erholen. Über die Regenerationsfähigkeit nach Trockenstress ist noch wenig bekannt. Es ist jedoch davon auszugehen, dass wenig trockenheitstolerante Waldbäume nach weiteren vergleichbaren Trockensommern wie 2018 absterben können.

### Kann der Wald auf vermehrte Trockenheit vorbereitet werden?

Der Auftrag von Artikel 28a des Waldgesetzes vom 1. Januar 2017 ist unmissverständlich: «Der Bund und die Kantone ergreifen Massnahmen, welche den Wald darin unterstützen, seine Funktionen auch unter veränderten Klimabedingungen nachhaltig erfüllen zu können». Da Klimaexperten vermuten, dass Trockensommer wie 2018 in Zukunft immer öfter vorkommen, zählt auch eine Vorbereitung des Waldes auf gehäufte Trockenheit dazu.

Da Baumarten wie bereits beschrieben unterschiedlich gut mit Trockenheit und Hitze umgehen können, ist dazu lokal ein Baumartenwechsel erstrebenswert. Dieser hat im Kanton Zürich bereits vor Jahrzehnten begonnen. Der Fichtenanteil am Zürcher Wald hat durch die beiden Jahrhundertstürme «Vivian» 1990 und «Lothar» 2000 und durch die nachfolgenden Borkenkäfermassenvermehrungen merklich abgenommen. Zudem werden seit Jahrzehnten kaum mehr Fichtenreinbestände begründet.

### Naturnaher Waldbau macht Zürcher Wälder fit für die Zukunft

Baumarten wie die Eiche und Eibe werden mit Beiträgen des Kantons aktiv gefördert. Diese ökologisch sehr interessanten Baumarten erweisen sich auch im Zusammenhang mit dem Klimawandel als geeignet.

Auch ansonsten werden die Voraussetzungen des Zürcher Walds für die Anpassung an die Klimazukunft als gut eingeschätzt. Er wird seit Jahrzehnten nach den Prinzipien des «naturnahen Waldbaus» bewirtschaftet. Eine dem Standort angepasste Baumverjüngung (unter Berücksichtigung der Bodenkarte, Artikel «Staubtrocken! Wo Pflanzen am schnellsten durstig sind», Seite 23), die aktive Förderung der Baumartenvielfalt und eine möglichst bodenschonende Holzernte sind gelebte Praxis. So betont auch die Strategie der Abteilung Wald aus dem Jahr 2009 («Wald und Klimawandel – waldbauliche Empfehlungen des Zürcher Forstdienstes») ein Weiterverfolgen der bewährten Waldbaupraxis, welche durch eine breite Baumartenpalette und vielfältige Waldstrukturen das Risiko minimieren will. Von einem grossflächigen, künstlichen Einbringen trockenheitstoleranter Baumarten wird jedoch abgeraten, da dies in Zukunft Klumpenrisiken darstellen würde, zum Beispiel durch gewisse Krankheiten.

### Die Wahl der richtigen Baumarten wird entscheidend sein

Es wird keinesfalls genügen, einfach am Altbewährten festzuhalten. Die Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) untersucht deshalb im Projekt «Testpflanzungen zukunftsfähiger Baumarten» in grossem Massstab, welche Auswahl an Baumarten für künftige, wärmere Sommer vielversprechend sind. Vorgesehen ist eine Beobachtungsdauer von 30 bis 50 Jahren, in der wichtige Fragestellungen zur Anpassung des Waldes an das zukünftige Klima untersucht werden sollen.

Darüber hinaus führen zahlreiche innovative Förster sowohl mit heimischen als auch mit sogenannten Gastbaumarten kleinflächige «Experimente» durch. Diese sind aus mehreren Gründen sehr wertvoll. Einerseits können so direkt Erfahrungen gesammelt und unter Forstleuten geteilt werden. Andererseits können sich die eingebrachten Bäume bereits ab heute auf ihren Standorten bewähren und in Zukunft dort Waldfunktionen übernehmen.

### Auch die Rehe und Hirsche mischen mit

Unter dem Aspekt des prognostizierten Klimawandels ist es zudem wichtig, den Einfluss des Schalenwilds auf die Waldverjüngung genügend zu beachten. Von einem möglichen Verbiss betroffen sind viele Baumarten, die für eine Anpassung des Walds an die Klimaveränderung wichtig sind, zum Beispiel Tanne, Eibe, Eiche und weitere Edellaubhölzer. Wo sie – trotz Standorteignung – ohne Schutzmassnahmen wie Zäune oder Einzelschutz nicht aufwachsen können, sind entsprechende Massnahmen zu ergreifen.

## Wetter- extreme stellen seltene Arten vor die Existenzfrage

Heiss und trocken oder kalt und nass – Wetterextreme bringen gefährdete Arten zunehmend in Bedrängnis. Häufen sich derartige Wetterphasen, führt dies über kurz oder lang auch zu Veränderungen in den artenreichsten Lebensräumen des Kantons, den Trockenwiesen und Mooren. Regenerationsmassnahmen können helfen.

Beatrice Vögeli, Leiterin Arten- und Biotopschutz  
Isabelle Flöss, wissenschaftliche Mitarbeiterin  
Fachstelle Naturschutz  
Amt für Landschaft und Natur ALN  
Baudirektion Kanton Zürich  
Telefon 043 259 43 64  
beatrice.voegeli@bd.zh.ch  
www.naturschutz.zh.ch

→ Artikel ZUP 36, 2003: «Sommer 2003: Hitzestress für Tiere und Pflanzen»

### Schwerpunkt Trockensommer 2018

Der extrem trockene Sommer 2018 war ein ausserordentliches Ereignis. In dieser ZUP erläutern mehrere Artikel die Auswirkungen auf Landwirtschaft, Gewässer, Fische, sensible Lebensräume und Arten, Wald, Boden sowie Betriebe und zeigen Massnahmen für die Bewältigung künftiger derartiger Sommer (Seiten 5-28).



Kreuzkröten sind zwar «Turbobrüter». Im Sommer 2018 bot sich aber vielerorts dieses Bild eingetrockneter Kaulquappen, da die grosse Hitze das wenige Regenwasser rasch verdunsten liess.

Quelle: Isabelle Flöss

Extreme Wetterlagen wie die langanhaltende Trockenheit im letzten Sommer führen auch in der Natur zu «Notständen». Für stark bedrohte Arten, die nur noch an wenigen Standorten in kleinen Restpopulationen vorkommen, können Extremereignisse zur Existenzfrage werden. Vom Trockensommer 2018 besonders betroffen waren die Bewohner von flachen Gewässern. Ihre Lebensräume trockneten bereits früh im Jahr und für eine aussergewöhnlich lange Zeit aus.

#### Von Verlierern ...

Bei der Kreuzkröte gehört dieses Risiko zwar grundsätzlich zur Lebensstrategie. Als sogenannte Pionierart wählt sie zur Fortpflanzung temporäre und möglichst seichte Gewässer wie Regenwassertümpel. Diese Hochrisikostategie wird mit einer langen Laichzeit, einer hohen Menge an Eiern und einer schnellen Larvenentwicklung kompensiert. Ohne künstliche Wasserzufuhr in ausgewählten Gewässern hätte die Art allerdings letzten Sommer wohl überhaupt keine Nachkommen produziert.

Nur knapp der Katastrophe entging auch die Bachmuschel, die im Kanton nur noch an drei Standorten vorkommt. Im Furtbach konnte dank des Katzensee-Wehrs die kritische Wassermenge im letzten Moment erhöht und der Bestand gerettet werden.

Ungewiss ist nach dem letzten Sommer hingegen die Zukunft der seltenen Zwerglibelle. Die Larven dieser Art entwickeln sich in sehr flachen Gewäs-

sern in Riedgebieten. Die einzige Zürcher Population (von gesamthaft zwei verbliebenen Schweizer Populationen) lebt im Robenhuserriet, wo der Wasserhaushalt nur beschränkt gesteuert werden kann. Es wird sich erst im Laufe der nächsten Monate zeigen, ob die Zwerglibelle das frühzeitige Austrocknen ihrer Larvengewässer überlebt hat.

#### ... und Gewinnern

Es gibt aber auch Arten, die von den warmen, trockenen Monaten profitieren haben. Der Eisvogel konnte in den Thurauen neun erfolgreiche Bruten aufziehen, eine neue Rekordzahl. Die Kehrseite des schönen Wetters: Drei weitere Bruten wurden wegen Störungen durch «Ausflügler» wieder aufgegeben. Auch bei einigen Insekten gab es Gewinner. Dank der Wärme konnten verschiedene Arten ihre Entwicklung beschleunigen und eine zweite Generation hervorbringen.

#### Trockenheit verändert Lebensräume auch längerfristig

Erst mit Verzögerung werden die Auswirkungen von Trockenzeiten in Mooren und auch in Magerwiesen sichtbar werden. Vieles deutet darauf hin, dass das explosionsartige Auftauchen des fremdländischen Einjährigen Berufkrauts in den artenreichsten Magerwiesen, Ruderalflächen und Buntbrachen eine Folge des Hitzesommers 2003 war. Dieser schuf Lücken in den geschlossenen Wiesenbeständen, die vom Berufkraut gefüllt werden konnten. Es ist zu



Vorher – Nachher: Dank der Regenerationsmassnahmen konnten der natürliche Wasserhaushalt im Torfriet saniert und der Wasserstand erhöht werden.  
*Quelle: Beatrice Vögel*

befürchten, dass der Sommer 2018 diese unerwünschte und schwierig zu bekämpfende Art nochmals gefördert hat.

### Moore «Klima-fit» machen

Gegenüber langen Trockenphasen besonders sensitiv sind Moore und ihre typischen Arten. Obwohl im Kanton Zürich rund 90 Prozent der ehemaligen Moorflächen verloren gegangen sind, gehört Zürich zu den moorreichsten Mittellandkantonen und trägt daher eine besondere Verantwortung für den Erhalt dieser gefährdeten Lebensräume. Fast alle verbliebenen Moore sind jedoch aufgrund der menschlichen Tätigkeit gestört. Alte Drainagegräben und Torfstiche entwässern die Riedflächen, zufließendes Wasser wurde gefasst, der Grundwasserspiegel gesenkt.

Durch häufiger auftretende Trockenzeiten kommen die bereits beeinträchtigten Moore nun zusätzlich unter Druck. Verschiedene Studien und bisherige Erfahrungen zeigen, dass Moore mit einem intakten Wasserhaushalt ausreichend resistent sind gegenüber längeren Trockenphasen. Umso vordringlicher ist deshalb die Wiederherstellung des natürlichen Wasserhaushalts, um die Moore «Klima-fit» zu machen (Artikel «Wieviel Wasser ist zu wenig?», Seite 11).

In den besonders empfindlichen Hochmooren werden derartige Regenerationsmassnahmen bereits seit rund 30 Jahren mit Erfolg umgesetzt (vgl. Infotext «Torfriet» rechts). Dringend sind künftig weitere Sanierungsmassnahmen in Flachmooren sowie die Neu-

schaffung und die Wiederherstellung von ehemaligen Feuchtgebieten, welche die verbliebenen, isolierten Restflächen vernetzen und vergrössern können. Da durch die Wiedervernässung von abgetrockneten Torfböden die Freisetzung von CO<sub>2</sub> vermindert wird und intakte Moore als sogenannte Senken CO<sub>2</sub> binden können, tragen diese Massnahmen auch zur Verminderung der klimaschädigenden CO<sub>2</sub>-Emissionen bei.

### Noch keine Folgerungen für Nutzung und Pflege

Entscheidenden Einfluss auf die Qualität einer Fläche haben die fachgerechte Bewirtschaftung und Pflege. Zwar zeigen verschiedene Studien, dass sich die Vegetationszeit grundsätzlich verlängert und früher beginnt. Die Auswirkungen der Sommertrockenheit vom letzten Jahr waren aber nicht für alle Arten einheitlich. Die Entwicklung vieler Tagfalter und Heuschrecken war aufgrund des verringerten Futter- und Blütenangebots nicht beschleunigt, sondern teilweise sogar verzögert. Auch typische Spätblüher wie der Lungenezian begannen wie üblich erst im August zu blühen. Dies war ein wichtiger Grund, weshalb die Schutzgebietsflächen trotz Futterknappheit nicht zur vorzeitigen Schnittnutzung freigegeben wurden (Artikel «2018 – Sonne und Schatten für die Landwirtschaft» Seite 7). Ob, und wenn ja welche, Anpassungen in der Bewirtschaftung nötig werden könnten, bleibt noch weiter zu beobachten und auszuwerten.

## Der Trockenheit entgegenwirken – erfolgreiche Regeneration im Torfriet

Das Pfäffiker Torfriet ist eines der grössten Hochmoore des Kantons und ein eigentliches Juwel unter den Zürcher Mooren. Durch seinen ausgedehnten Torfkörper schafft es ideale Voraussetzungen für das Vorkommen seltener Arten wie des fleischfressenden Sonnentaus oder der Grossen Moosjungfer. Hochmoore wie dieses sind in der ganzen Schweiz sehr selten. Trotz der noch erhaltenen Vielfalt und Schönheit litt das Torfriet unter den Folgen des ehemaligen Torfabbaus: Torfstiche und alte Gräben entwässerten das Moor stark. Messungen des Wasserstands zeigten, dass dieser während der Sommermonate jeweils stark absank.

Um den natürlichen Wasserhaushalt wiederherzustellen, wurden im vergangenen Herbst verschiedene Regenerationsmassnahmen ausgeführt. An mehreren Stellen wurden die alten Gräben und Rinnen mit Holzspundwänden verschlossen, damit das Wasser nach Niederschlägen im Moor zurückgehalten wird. Zur Regulierung des Wasserstands wurden Wehre eingebaut. Die fortlaufenden Wasserstandsmessungen zeigen, dass der Wasserstand über den Winter bereits deutlich angehoben werden konnte, so dass das Torfriet mit einer höheren Wasserreserve in den kommenden Sommer startet.

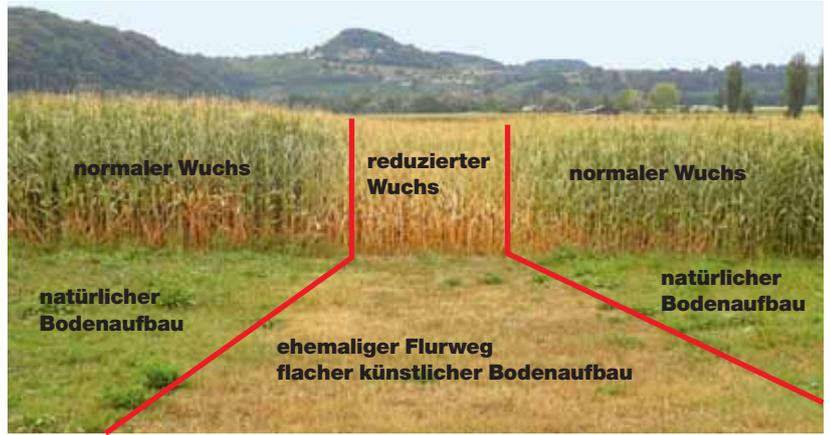
### Grössere Populationen verkraften Wetterextreme besser

Wetterextreme, ob trocken oder nass, beschleunigen den unvermindert ablaufenden Artenschwund. Das Gegenmittel liegt in der Schaffung und Erhaltung möglichst vieler und möglichst grosser Populationen, welche witterungsbedingte Ausfälle verkraften können. Dazu sind entsprechend grosse naturnahe Flächen von hoher ökologischer Qualität nötig, die miteinander vernetzt sind. Nur so können die speziellen Naturwerte im Kanton auch für kommende Generationen erhalten werden.

# Staubtrocken! Wo Pflanzen am schnellsten durstig sind

**Auf dem einen Boden macht Pflanzen das trockene Wetter weniger zu schaffen als auf einem anderen. Sie gedeihen oft auch noch in einem Trockensommer wie 2018. Woran liegt dies, und wie findet man dank der Bodenkarte das Potenzial eines Bodens heraus?**

Cécile Wanner, Leiterin Fachstelle Bodenschutz  
Dr. Ubaldo Gasser, Leiter Überwachung und Gefährdungsabschätzung  
Claudia Loretz, Praktikantin  
Fachstelle Bodenschutz  
Amt für Landschaft und Natur ALN  
Baudirektion Kanton Zürich  
Telefon 043 259 31 93  
ubald.gasser@bd.zh.ch  
www.boden.zh.ch  
www.gis.zh.ch → Boden



Die sichtbare Wachstumsbeeinträchtigung im Maisfeld geht zurück auf einen rekultivierten Flurweg, bei welchem die ortsübliche pflanzennutzbare Gründigkeit nicht wiederhergestellt wurde. Im verdichteten Boden ist wenig Platz für das Wachstum der Pflanzenwurzeln sowie für eine gute Wasserspeicherung.  
Quelle: FaBo

Die Pflanzen waren im Sommer 2018 nicht überall im Kanton gleich stark von der Trockenheit betroffen. In manchen Gebieten gediehen die Kulturen gut, in anderen gab es Ernteausfälle (Artikel «2018 – Sonne und Schatten für die Landwirtschaft», Seite 7). Sogar innerhalb eines Feldes gab es teilweise grosse Unterschiede (Foto oben). Im Wald führte die starke Trockenheit vereinzelt sogar zum Abbrechen ganzer Äste (Artikel «Borkenkäfer, Zwangsnutzung und Waldbrandgefahr», Seite 17). Da stellt sich die Frage: «Wo sind die Pflanzen zuerst durstig, und was sind die Gründe dafür?» Zur Beantwortung dieser Frage muss das Augenmerk vor allem nach unten gerichtet werden, in den Boden! Dieser umfasst die oberste etwa 20 Zentimeter bis zwei Meter umfassende Schicht der Erdkruste und entwickelt sich im Verlauf der Jahrhunderte nach unten. Der Boden ist meist mit Pflanzen bewachsen, die ihre Wurzeln in ihm ausbreiten. Er enthält ausserdem Myriaden von Bakterien und Pilzen sowie viele Bodentiere.



Der Aufbau des Bodens gleicht einem Badeschwamm.  
Quelle: Naturschwämme.ch, 2019

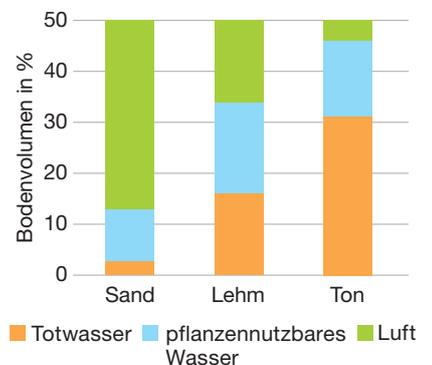
## Boden ist wie ein Schwamm

Der Boden wirkt wie ein Badeschwamm und besteht aus festem Material und Hohlräumen (Poren). In diesen befinden sich auch die Wurzeln der Pflanzen und die Bodenlebewesen. Während das Festmaterial aus mineralischem Material und Humus besteht, enthalten die Hohlräume Wasser oder Bodenluft (Grafik unten). Je nachdem wie gut der Boden entwickelt ist, reicht er mehr oder weniger tief ins Erdreich hinein. Böden können also je nach Volumen viel oder wenig Wasser und Nährstoffe speichern.

## Wieviel Boden verfügbar ist

Die durchwurzelbare Bodentiefe ist derjenige Raum im Boden, wo sich die Wurzeln der Pflanzen ungehindert ausbreiten und mit Wasser und Nährstoffen versorgen können. Dieser Raum wird auch als «pflanzennutzbare Gründigkeit» (PNG)

## Wasser und Luft in den Poren



Je nach Bodenart können die Wurzeln mehr oder weniger Sauerstoff bzw. Wasser und Nährstoffe aufnehmen.

Quelle: FaBo und Wessolek, G. und Mitarbeiter (2009). Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis. Bodenökologie und Bodengenese. Berlin.

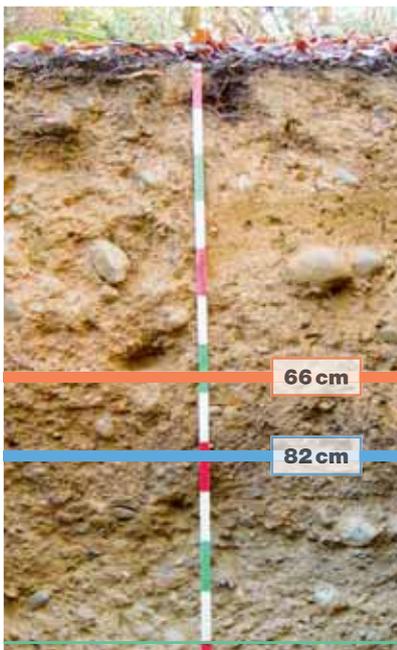
## Schwerpunkt Trockensommer 2018

Der extrem trockene Sommer 2018 war ein ausserordentliches Ereignis. In dieser ZUP erläutern mehrere Artikel die Auswirkungen auf Landwirtschaft, Gewässer, Fische, sensible Lebensräume und Arten, Wald, Boden sowie Betriebe und zeigen Massnahmen für die Bewältigung künftiger derartiger Sommer (Seiten 5-28).

**Pflanzennutzbare Gründigkeit**



Umfasst ein Blumentopf bei einer Grundfläche von 10x10cm einen Liter Erde, ein anderer dagegen drei Liter, so beträgt die «pflanzennutzbare Gründigkeit» PNG im weniger hohen Blumentopf nur zehn, im tieferen 30 Zentimeter.  
*Quelle: FaBo*



Dieser Waldboden ist bis in eine Tiefe von 82 Zentimetern entwickelt, wo man erstmals auf Kalk stösst. Die pflanzennutzbare Gründigkeit wurde aufgrund der Bodeneigenschaften auf 66 Zentimeter geschätzt.  
*Quelle: FaBo*

**Die Bodenkarte im GIS**

Für die Verarbeitung raumbezogener Daten betreibt der Kanton Zürich ein umfassendes Geografisches Informationssystem (GIS-ZH). Das zentrale Instrument zur Visualisierung der Geodaten des GIS-ZH ist der GIS-Browser. Damit lassen sich über 100 Karten zu spezifischen Themen des Kantons Zürich darstellen. Im Kapitel «Boden» sind die Bodenkarte (Karte Seite 25) sowie daraus abgeleitete Karten wie beispielsweise Fruchtfolgeflächen zu finden. Ausserdem werden Schadstoffbelastungen aufgeführt.

**Pflanzennutzbare Gründigkeit (PNG)**

Wie ein kleiner Schwamm trocknet ein Boden mit geringer PNG rasch aus, was dazu führt, dass Pflanzen, die in diesem Boden gedeihen, schnell durstig werden. Ein Boden mit grosser PNG kann dagegen wie ein grosser Schwamm viel Wasser aufnehmen. In einem solchen Boden werden die Pflanzen nicht so schnell durstig.

bezeichnet. Die PNG wird neben der Entwicklungstiefe des Bodens durch die im Boden vorhandenen Steine sowie «stehendes» Wasser eingeschränkt. Man kann sich die «pflanzennutzbare Gründigkeit» auch anhand zweier Blumentöpfe vorstellen: Haben zwei Töpfe die gleiche Grundfläche, aber verschiedene Höhen (einmal zehn, einmal dreissig Zentimeter), dann haben diese Töpfe ein unterschiedliches Volumen (Höhe x Breite x Tiefe). Die «pflanzen-

nutzbare Gründigkeit» ist also im grösseren Blumentopf rund dreimal grösser (Abbildung oben links).

**Böden unterscheiden sich nach Korngrösse**

Böden unterscheiden sich in der mineralogischen, physikalischen sowie chemischen Zusammensetzung ihres Festmaterials. Manche Böden, beispielsweise im Gebirge, bestehen vor allem aus Steinen, also aus sehr grobem Material.

In Bezug auf die Aufnahme von Wasser und Nährstoffen durch die Pflanzen spielt der feine Anteil des Bodens (Feinerde) von weniger als zwei Millimetern Durchmesser der einzelnen Bodenteilchen eine entscheidende Rolle. Boden besteht seinerseits aus unterschiedlich grossen Partikeln: gröberen (Sand), etwas feineren (Schluff) und sehr feinen Partikeln (Ton). Ein Boden besteht aus Mischungen dieser drei Korngrössen, das Mischungsverhältnis bestimmt die Bodenart (Tabelle unten).

**Welcher Boden eignet sich für was?**

	<b>Sandboden</b>	<b>Lehmboden</b>	<b>Tonboden</b>
<b>Korngrössenanteil (Beispiel)</b>	90 % Sand, 4 % Ton, 6 % Schluff	40 % Sand, 25 % Ton, 35 % Schluff	5 % Sand, 80 % Ton, 5 % Sand
<b>Poren</b>	vorwiegend Grobporen, wenig Feinporen, wenig Mittelporen	ausgewogenes Gemisch aus Grob-, Mittel- und Feinporen	vorwiegend Feinporen, wenig Grobporen, wenig Mittelporen
<b>Durchlüftung</b>	sehr gut	gut	schlecht
<b>Wasserdurchlässigkeit</b>	sehr gut	gut	schlecht
<b>Speicherung von pflanzenverfügbarem Wasser</b>	gering	hoch	gering
<b>Nährstoffgehalt</b>	gering	hoch	hoch
<b>Pflanzenwachstum</b>	gut durchwurzelbar, aber nur Standort für anspruchslose Arten	gut durchwurzelbar, guter Standort für Kulturpflanzen (Weizen, Hackfrüchte)	schlecht durchwurzelbar, meist Wiesen und Weiden (Flachwurzler)

Jede Bodenart hat – abhängig von ihren unterschiedlichen Anteilen an Porengrössen – Vor- und Nachteile hinsichtlich der Sauerstoff-, Wasser- und Nährstoffversorgung und folglich auch im Hinblick auf das Pflanzenwachstum.  
*Quelle: Scheffer/Schachtschabel (2002): Lehrbuch der Bodenkunde*

**Ausschnitt aus der Bodenkarte von Oberwil**



Die Bodenkarte besteht aus unregelmässig geformten rotbraun abgegrenzten Flächen. Diese weisen jeweils gleiche Bodeneigenschaften aus. **Gelbe** und **braune** Farbtöne zeigen eine ungehinderte Wassersickerung. Je heller die Farbe, umso geringer ist die «pflanzennutzbare Gründigkeit», und umso weniger Wasser kann der Boden speichern. In trockenen Sommern verdursten dort empfindliche Kulturen. **Grüne** Farben weisen auf gehemmte Wassersickerung hin, **blaue** Töne auf die Anwesenheit von Grundwasser im Boden. Beides kann durch stehendes Wasser Sauerstoffmangel für die Pflanzenwurzeln verursachen. Die Kulturpflanzen stellen dann das Wachstum ein.

Quelle: [www.gis.zh.ch](http://www.gis.zh.ch)

**Bodenkundliche Standortbeurteilung**

Komplexglied	-
Lokalform	dK7c1
Bodentyp	Kalkbraunerde
Wasserhaushalt	senkrecht durchwaschen, normal durchlässig
<b>Pflanzennutzbare Gründigkeit</b>	<b>ziemlich flachgründig (30 - 50 cm)</b>
Untertyp	erodiert, karbonatreich
Bodenskelettgehalt Oberboden	kieshaltig (10 - 20 %)
Bodenskelettgehalt Unterboden	kieshaltig (10 - 20 %)
<b>Feinerdekörnung Oberboden</b>	<b>sandiger Lehm bis Lehm</b>
<b>Feinerdekörnung Unterboden</b>	<b>sandiger Lehm bis Lehm</b>
Ausgangsmaterial	k.A.
Kationenaustauschkapazität Oberboden	mässig (10 - 20 mval)
Kationenaustauschkapazität Gesamtboden	sehr gering (5 - 10 mval)
Biologische Aktivität	normal
Geländeform und Hangneigung	konvex, -10 %

Zusatzinformationen zeigt die bodenkundliche Standortbeurteilung, z.B. PNG sowie Bodenart (auch Körnung genannt). Im dargestellten Beispiel ist der ausgewählte Boden mit einer PNG von 30–50 Zentimeter ziemlich flachgründig (blassgelb in der Bodenkarte dargestellt).

Quelle: [www.gis.zh.ch](http://www.gis.zh.ch)

**Entscheidend für die Verfügbarkeit von Wasser und Nährstoffen sind die Hohlräume**

Pflanzen brauchen für ihr Wachstum Wasser und Sauerstoff aus der Luft. Beides beziehen sie aus den Hohlräumen des Bodens, den sogenannten Poren. Böden der Bodenart Sand enthalten hauptsächlich Grobporen, Schluffe vor allem Mittelporen und Tone besitzen insbesondere Feinporen. Lehme bestehen aus einem Gemisch aller drei Porengrössen (Tabelle Seite 24). Grobporen entleeren sich nach einem Niederschlagsereignis unter dem Einfluss der Schwerkraft rasch und sind anschliessend mit Luft gefüllt. Die Mittelporen stellen den Pflanzen Wasser für das Wachstum zur Verfügung. Die Feinporen sind stets mit Wasser gefüllt, welches aufgrund der inneren Kräfte in diesen Poren extrem stark gebunden ist und deshalb den Wurzeln nicht zur Verfügung steht. Dieses Wasser heisst auch Totwasser. Das Mischungsverhältnis der Porengrössen beeinflusst massgebend die Eigenschaften von Böden. Für die Versorgung der Pflanzen mit Sauerstoff, Wasser und anderen Nährstoffen sind Lehmböden mit einer ausgeglichenen Verteilung der Klassen von Poren und Korngrössen optimal.

**Mit der Bodenkarte standortgerecht bewirtschaften**

Die Bodenkarte gibt unter anderem Auskunft über die «pflanzennutzbare Gründigkeit» und die Bodenart eines Standorts. Sie kann somit als wichtiges Instrument für eine standortgerechte Bewirtschaftung dienen (Artikel «2018 – Sonne und Schatten für die Landwirtschaft», Seite 7). Die Bodenkarte existiert vor allem für das Landwirtschaftsgebiet. Sie kann im GIS-Browser geöffnet und auf der linken Seite bei «Karten» unter «Bodenkarte der Landwirtschaftsflächen» eingblendet werden. Anschliessend wird per Maus hineingezoomt.

Die Bodenkarte beschreibt mit den Farben zunächst den sogenannten Wasserhaushalt der Böden (Karte oben). Einerseits ist die Entwässerungsfähigkeit des Bodens dargestellt. Andererseits das Vorhandensein von Grundwasser. Wählt man auf der Bodenkarte per Mausklick auf dem Bildschirm ein Polygon aus, erscheinen rechts Zusatzinformationen zum ausgewählten Boden (oben rechts).

Auch von gewissen Waldgebieten ist die Bodenkarte in Bearbeitung oder seit kurzem fertiggestellt und nutzbar (Artikel «Borkenkäfer, Zwangsnutzung und Waldbrandgefahr», Seite 17). Diese Karten werden in einigen Monaten auch auf dem GIS-Browser verfügbar sein.

**Bodenverdichtung**

Die Grob- und Mittelporen sind für die Pflanzen gleichermaßen wichtig, denn die Wurzeln nehmen daraus einerseits Sauerstoff und andererseits Wasser und Nährstoffe auf.

Mit dem Befahren der Böden, z.B. im Rahmen der Bewirtschaftung, können durch den Druck der Maschinen vor allem Form und Menge der Grobporen im Boden verändert werden. Durch Abnahme der Grobporen verliert der Boden an Speichervermögen für Bodenluft. Dies kann das Wachstum der Pflanzen vermindern.

Das Grobporenvolumen sollte in einem landwirtschaftlichen Boden hinsichtlich der Luftversorgung der Pflanzenwurzeln mehr als zehn Prozent betragen, sieben Prozent gelten in jedem Fall als kritisch.



Folgeschäden unter einer mehrfach beanspruchten Fahrspur mit deutlichen Merkmalen einer Verdichtung (--- graue sauerstoffarme Zone, — Fahrspur).

Quelle: Peter Schwab, NABO

### Was geschieht im trockenen, was im feuchten Jahr?

In einem trockenen Jahr fliesst deutlich weniger Wasser durch den Boden als in einem nassen Jahr. Dies wirkt sich zunächst in den landwirtschaftlichen Kulturen aus, dann auch im Wald. In einem nassen Boden sind die meisten Poren mit Wasser gefüllt, in einem trockenen Boden sind die meisten Poren mit Luft gefüllt. Sandige Böden trocknen wesentlich schneller aus als tonige Böden (Abbildung Seite 23 unten).

In einem feuchten Jahr ist die Menge des Niederschlagswassers viel grösser als die Verdunstung. Ein grosser Anteil des Regenwassers fliesst deshalb durch den Boden hindurch in Richtung Grundwasser ab (Abbildung und Infotext rechts). Hingegen überwiegt in einem sehr trockenen Jahr zeitweise die Verdunstung, wodurch Wassermangel im Boden entsteht. Darunter leiden vor allem landwirtschaftliche Kulturen wie Gemüse, Salat und Mais, die empfindlich auf Trockenheit sind.

Bewässerung kann Abhilfe schaffen, ist aber nicht in allen Teilen des Kantons gleichermassen möglich und sinnvoll. Unter Einbezug der Bodenkarte kann im Landwirtschaftsgebiet eine standortangepasste Kulturwahl erfolgen.

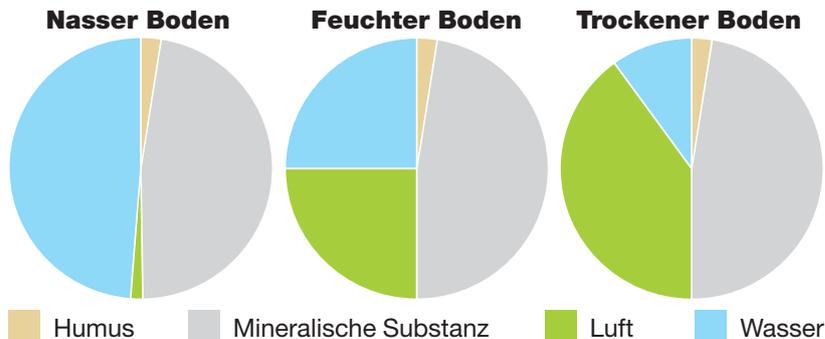
### Was bedeutet dies für künftige Jahre?

- Die «pflanzennutzbare Gründigkeit», der Wasserhaushalt sowie die Bodenart sind entscheidend für die Verfügbarkeit von Sauerstoff, Wasser und Nährstoffen im Boden. Sie können der Bodenkarte entnommen werden. Diese ist somit ein wichtiges Instrument für eine standortgerechte Bewirtschaftung.
- Besonders bei trockenheitsanfälligen Standorten ist eine angepasste Pflanzenwahl entscheidend, auch um in der Landwirtschaft unabhängiger von Bewässerung zu werden.
- Auch die Wahl der Bewirtschaftungsintensität kann so auf das Ertragspotenzial des Standortes angepasst werden.



Die Bodenkarte gibt Auskunft über Bodentyp, PNG etc. und erleichtert so die Wahl der geeigneten Bepflanzung. Kartoffeln beispielsweise gedeihen gut auf sandigeren Böden – wenn sie bewässert werden.

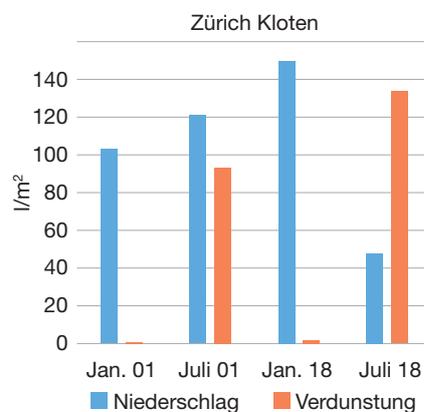
Quelle: Andreas Rüschi, Strickhof



Festes Bodenmaterial, Hohlräume des Bodens, pflanzenverfügbares Wasser und Bodenluft bei unterschiedlicher Bodenfeuchte.

Quelle: FaBo

### Wenn mehr Wasser verdunstet, als es geregnet hat ...



2001 betrug der Jahresniederschlag bei der Station Kloten 1436 Millimeter, im Jahr 2018 nur 854 Millimeter. Im Januar war die Verdunstung sehr gering, und fast alles Wasser floss durch den Boden in Richtung Grundwasser ab. Im Sommer dagegen war die Verdunstung höher. Während diese 2001 geringer als der Monatsniederschlag war, betrug die Verdunstung 2018 ein Mehrfaches des Regens. Dass 2018 bereits ab Ende März sehr trocken war, verschärfte den Wassermangel im Hochsommer noch.

Die starke Verdunstung im Sommerhalbjahr 2018 führte im Boden dazu, dass neben den Grobporen auch die Mittelporen mit dem pflanzennutzbaren Wasser «geleert» und mit Luft gefüllt waren. Den Pflanzen stand in diesem Fall kein oder oft zu wenig Wasser für das Wachstum zur Verfügung. Regnet es in einem solchen Fall nicht innerhalb nützlicher Frist, können die Pflanzen absterben, falls sie nicht bewässert werden.

Grafik: FaBo; Daten: MeteoSchweiz

## Ohne Wasser stünden die Maschinen still

**In der Schweiz verbrauchen die Industrie und das Gewerbe (I&G) mehr Trinkwasser als die Landwirtschaft und die Haushalte zusammen. Werden I&G-Betriebe also besonders stark von Trockenzeiten betroffen sein? Müssen sie mit steigenden Wasserpreisen rechnen?**

Daniela Brunner  
Projektleiterin Oekoprofit  
Sektion Betrieblicher Umweltschutz  
und Störfallvorsorge (BUS)  
Abteilung Abfallwirtschaft und Betriebe  
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft  
AWEL  
Baudirektion Kanton Zürich  
Telefon 043 259 39 66  
daniela.brunner@bd.zh.ch  
www.bus.zh.ch → Ressourceneffizienz

→ Interview ZUP 83, 2016: «Mit Umweltkennzahlen eine Firma führen» (Themenswerpunkt «Betriebe ressourcen- und energieeffizient führen») und Artikel ZUP 61, 2010: «Cleaner Production im Beutelsalat»

### Schwerpunkt Trockensommer 2018

Der extrem trockene Sommer 2018 war ein ausserordentliches Ereignis. In dieser ZUP erläutern mehrere Artikel die Auswirkungen auf Landwirtschaft, Gewässer, Fische, sensible Lebensräume und Arten, Wald, Boden sowie Betriebe und zeigen Massnahmen für die Bewältigung künftiger derartiger Sommer (Seiten 5-28).



Nicht selten benötigen Unternehmen täglich mehrere hundert Kubikmeter sauberes Wasser – ohne Wasser wäre auch die Herstellung von Mozzarella undenkbar.  
Quelle: AWEL/BUS

Zuerst die Entwarnung: Gemäss Prognosen bleiben die jährlichen Niederschlagssummen ungefähr konstant. Die hiesigen klimatischen und auch topografischen Bedingungen sorgen dafür, dass viel Niederschlag fällt. Dieses Wasser wird dann als Schnee und Eis, in Oberflächengewässern sowie als Grundwasser im Lockergestein, in Klüften und im Karstsystem gespeichert – die Voraussetzung für die Gewinnung von Trink- und Brauchwasser.

#### Von der Wolke zum Wasserhahn

Die 161 Gemeinden und Städte im Kanton Zürich werden durch insgesamt 245 Wasserversorgungen mit Trink- und Brauchwasser versorgt. Davon stammen jeweils 40 Prozent aus dem Grundwasser und dem Zürichsee, die restlichen 20 Prozent sind Quellwasser.

Bis es aber in einwandfreier Trinkwasserqualität an Haushalte und Betriebe weitergeleitet werden kann, ist es noch ein weiter Weg. Mit Ausnahme des Grundwassers muss das entnommene Wasser nämlich zuerst gefasst, mit speziellen Filter- und Membranverfahren hygienisch aufbereitet und stetig kontrolliert werden. Grundwasser kann vielfach ohne Aufbereitung ins Netz eingespeist werden. Es ist klar, dass diese Prozesse Geld kosten, vor allem die Herstellung, Installation, der Betrieb und die Wartung von Wasserleitungen. Allein im Kanton Zürich beträgt der Wiederbeschaffungswert sämtlicher Wasserversorgungsanlagen astronomische 10 Milliarden Franken.

#### Vorzugspreis für Industrie und Gewerbe ...

Der Trinkwasserpreis setzt sich jeweils etwa hälftig aus einer jährlichen Grundgebühr für die Fixkosten und einem Verbrauchspreis pro Kubikmeter Wasser zusammen. Verbrauchsseitig erhalten industrielle Grossverbraucher von der Gemeinde vereinzelt «Mengenrabbatt» und zahlen pro Kubikmeter Trinkwasser manchmal deutlich weniger als einen Franken. Einige Unternehmen besitzen eigene Rohwasserfassungen für Kühl- oder Heizzwecke.

Da aber nicht jede Gemeinde ausreichend mit dem lebensspendenden Nass gesegnet ist – sei es wegen Bevölkerungsdruck, wasserintensiven Industrien oder mangelnden natürlichen Ressourcen – haben sich die Kommunen zu Gruppenwasserversorgungen zusammengeschlossen (siehe auch Seite 14). Diese sorgen dafür, dass die Abnehmer auch in Spitzenbelastungszeiten stets mit genügend Trinkwasser versorgt bleiben.

#### ... aber keine Vorzugsbehandlung

Diese Gruppenwasserversorgungen werden zum Teil vom Kantonalen Trinkwasserverbund mit riesigen überregionalen Wasserleitungen unterstützt. Mit diesem Verteilsystem sollte auch nach längeren Trockenzeiten langfristig jede Gemeinde über genügend Wasser verfügen können. Nur steigt in der Regel der Preis, wenn das Wasser über lange Leitungen aus der Ferne bezogen werden muss. Dieser Preis wird dann verursachergerecht an die Verbraucher wei-

tergegeben. Viel einschneidender als der Preis kann es für einen Betrieb aber sein, wenn ihm plötzlich untersagt wird, Wasser zu entnehmen, weil der Fluss zu wenig Wasser führt.

**Vom Prozesswasser zum Abwasser**

Relativ sauberes Wasser zu fördern, aufzubereiten und zu verteilen, ist die eine Sache. Verschmutztes Abwasser mit unterschiedlichsten Stoffen in einem dichten Netz grosser Leitungen zu bündeln und zu reinigen, eine andere. Die Abwasserreinigung in einer Abwasserreinigungsanlage (ARA) erfordert mehrstufige und entsprechend teure technische und organisatorische Massnahmen. Dazu kommt, dass Industriebetriebe zusätzlich zu einer Vorreinigung ihrer Abwässer vor Ort verpflichtet werden können. Die im Kanton Zürich am häufigsten eingesetzten Abwasservorbehandlungsanlagen sind Spaltanlagen zum Entfernen von Emulsionen und Feststoffen aus Autowerkstätten, Fettabscheider aus der Lebensmittelindustrie, Neutralisationsanlagen und Leichtflüssigkeitsabscheider. Es gibt aber – zum Beispiel in der chemischen und pharmazeutischen Industrie, in Galvanikanlagen oder grossen Schlachthäusern – auch mehrstufige, teilweise komplexe Abwasservorbehandlungsanlagen, die ganze Gebäude füllen.

**Entsorgen wird teurer werden**

Die Kosten für die Reinigung von Abwasser in einer öffentlichen ARA hängen sehr stark mit der Art und Menge des verschmutzten Abwassers und der Grösse der Kläranlage zusammen. Hier durchschnittliche Gebühren zu nennen, wäre daher nicht aussagekräftig. Im Allgemeinen ist aber in den kommenden Jahren schweizweit mit einem Preisanstieg bis zu einem niedrigen zweistelligen Prozentbereich zu rechnen. Grund dafür ist, dass rund 100 Abwasserreinigungsanlagen für die Elimination schlecht abbaubarer Chemikalien wie Arzneimittel und Biozide nachgerüstet (Artikel «Wieviel Wasser ist zu wenig?», Seite 11) und auch viele Abwasserleitungen saniert oder ersetzt werden müssen.

**Viele Betriebe müssen ein «Wasserbuch» führen**

Niederschläge, die hydrologische Situation und die gute Vernetzung der Wasserversorgungen sorgen dafür, dass überall im Kanton Zürich auch in Trockenzeiten genügend Wasser vorhanden ist. Es ist allerdings zu erwarten, dass die Gebühren für Trink-, Brauch- und Abwasser mittelfristig ansteigen werden. Wann und wie sehr, hängt von der Gemeinde und deren verfügbaren Wasserressourcen ab. Vielleicht noch wichtiger: Im Kanton Zürich werden relevante Industrie- und Gewerbebetriebe künftig verpflichtet, ihre Wasser- und Abwassermengen zu bilanzieren. Nur auf diese Weise kann geprüft werden, ob die Verbrauchszahlen mit dem Stand der Technik vereinbar sind.

**Kanton Zürich**  
Bundesschweiz  
**Klimawandel im Kanton Zürich: Betriebe und Gewerbe**  
Auswirkungen und Herausforderungen des Klimawandels

**Produktivität und Gesundheit**  
Der Klimawandel führt zu wärmeren Temperaturen. Das erhöht die Hitzebelastung. Ausserdem werden die Luftqualität und die Gesundheit der Bevölkerung durch die Zunahme von Feinstaubpartikeln und Ozon beeinträchtigt. Dies führt zu gesundheitlichen Schäden und zu höheren Kosten für die Gesundheitsversorgung.

**Lieferketten und Infrastruktur**  
Für viele Betriebe besteht das zunehmende Risiko, dass durch Wetterextreme ihre Lieferketten unterbrochen werden. Dies führt zu Produktionsverzögerungen und höheren Kosten.

**Elementarereignisse**  
Gutachten und Produktanforderungen von Betrieben sind durch vermehrte Hochwasser, Stürme, Hagelstöße und Stürme gefährdet. Dadurch können Schäden an Produktionsanlagen, Gebäuden und Lagerbeständen entstehen und es die Folge zu Störungen oder Ausfällen in der Produktion. Auch kann es häufiger zu Feuer- und explosionsgefährdenden Stoffen und damit zu Umweltgefahren kommen.

**Vermeidung von Treibhausgasemissionen**  
Betriebe können durch Klimawandel-bewusste Entscheidungen auf nationaler Ebene Instrumente wie z. B. die CO<sub>2</sub>-Abgabe, die darauf abzielen, die Treibhausgasemissionen auch in Industrie und Gewerbe zu senken. Damit können die Betriebe ihren Beitrag zum Klimaschutz leisten und können mit der Zeit weniger gefährliche Stoffe und damit zu Umweltgefahren kommen.

**Anpassung an den Klimawandel**  
Maassnahmen für Betriebe:  
• Risikoanalyse durchführen  
• Anpassung von Prozessen und Anlagen  
• Kommunikation mit Behörden und Interessierten  
• Mitarbeitende für Thema sensibilisieren und Schulungsmassnahmen anbieten  
• Zusammenarbeit mit Partnern und strategischen Planungen berücksichtigen

**Ausgewählte kantonale Aktivitäten**  
• Hochwasserschutz durch bauliche und nichtbauliche Massnahmen  
• Klimaschutz für das Thema CO<sub>2</sub> von Betrieben  
• Klimaschutzmassnahmen  
• Koordination der Bewältigung von Schmelzwässern mit betriebl. kritischer Infrastruktur (z. B. Grossbetriebe)

www.klima.zh.ch

Dieses Merkblatt zeigt knapp und bündig, mit welchen Massnahmen Betriebe und Gewerbe dem Klimawandel entgegenwirken bzw. sich rechtzeitig anpassen können. Quelle: www.klima.zh.ch



Ohne Wasser blieben diese Flaschen leer. Quelle: Getty Images

**Wassernutzung, aber bitte effizient**



Industrie- und Gewerbebetriebe sind gut beraten, schon jetzt die Weichen zu stellen für eine auch in Zukunft gesicherte Wasserversorgung und eine kostenoptimierte Wasserbilanz. Im Merkblatt «Umwelt-Kennzahlen – Der erste Schritt zu Effizienz und Kosteneinsparungen» sind einige Beispiele von Massnahmen aufgeführt, die auch in finanzieller Hinsicht gelungen sind. Das AWEL bietet Betrieben, welche ihre Wasser-, Rohstoff- und Energieströme optimieren möchten, aber noch nicht wissen wie, eine kostengünstige und langfristige Fachbegleitung im Rahmen des Zusammenarbeitsmodells ÖKOPROFIT an. Das Merkblatt und weitere Informationen: [www.bus.zh.ch](http://www.bus.zh.ch) → Ressourceneffizienz.

**Kosten sparen**

Der sich stetig weiterentwickelnde Stand der Technik erhöht den Druck zu Wasser sparenden Massnahmen und zu strengeren Qualitätsanforderungen an das vorbehandelte Abwasser. Eigentlich wäre dieser Druck gar nicht nötig. Denn mit Wassersparmassnahmen lassen sich jährlich Kosten im vier- oder gar fünfstelligen Frankenbereich einsparen. Selbst bei kleinen oder weniger wasserintensiven Betrieben ist das keine Utopie und sogar innert Jahresfrist umsetzbar (Infotext links).