

Das Bodenseeklima im Kanton Thurgau am Beispiel der Wetterstation Romanshorn

Autor(en): **Frauenfelder, Christoph**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft**

Band (Jahr): **50 (1990)**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-593757>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Das Bodenseeklima im Kanton Thurgau am Beispiel der Wetterstation Romanshorn.

CHRISTOPH FRAUENFELDER

Mitt. thurg. naturf. Ges.	50	14 Seiten	6 Abb.	Frauenfeld 1990
---------------------------	-----------	-----------	--------	-----------------

1. Einführung

Lagemässig gehört das Bodenseegebiet in die Kategorie des warmgemäßigten und feuchten Klimas, das zwischen dem Einfluss des Meerklimas und des Kontinentalklimas liegt.

Durch seine Einbettung an den Fuss der Alpennordseite liegt der Bodensee sowohl im Einflussbereich des Alpenföhns als auch im Bereich einer bei Nordlagen wirksamen Staubewölkung mit vermehrten Niederschlägen. Nicht zuletzt wird auch das Lokalklima in einem Streifen von etwa 7 Kilometern rund um den Bodensee durch diesen selbst noch beeinflusst, und zwar in Temperatur und Wind.

Die Klima- und Wetterangaben der Romanshorer Station (SMA-Nr. 1059 406,43 m über Meer) dürfen als repräsentativ für das schweizerische Bodenseeufer von Kreuzlingen bis Rorschach angesehen werden.

2. Ein Wettervergleich

Bereits im ersten Heft der «Mitteilungen des thurgauischen Naturforschenden Vereins» (1857) wird von der Aktivität der meteorologischen Sektion berichtet, welche die Stationen Frauenfeld, *Kreuzlingen* (Landwirtschaftliche Schule), Diessenhofen, Hüttweilen und Bischofszell mit folgenden Instrumenten ausgerüstet hat: Gefässbarometer, August'sches Psychrometer, Thermometrograph (Maximum- und Minimumthermometer). Im zweiten Heft (1864) werden meteorologische Ergebnisse der «württembergischen (!) meteorologischen Station Romanshorn» mitgeteilt, zusammen mit den «Erscheinungen im Pflanzen- und Thierreich», welche der Landwirt und Forscher Pfau-Schellenberg auf Christenbühl beobachtet hat.

Die älteste schweizerische Wetterstation in dieser Region, deren Daten zur Verfügung stehen, ist Kreuzlingen. Sie wurde 1882 durch die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft ins Leben gerufen, wechselte im Laufe der Zeit mehrmals den Beobachter sowie den Standort und wurde 1976, im Zuge der Reorganisation und Automatisierung der schweizerischen Wetterstationen aufgelöst. An ihrer Stelle wurde an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau eine der rund 65 automatischen Wetterstationen der Schweiz in Güttingen TG aufgestellt. Ein solches spinnenförmiges Gebilde gleicht nicht mehr im entferntesten dem konventionellen Wetterhäuschen, wo der Beobachter noch die Instrumente täglich mindestens dreimal ablesen muss. Die automatischen Stationen senden rund um die Uhr im 10-Minuten-Intervall die Messwerte über das Wetter, in grösseren Zeitabständen auch über die Luftzusammensetzung und die Radioaktivität per Telefonleitung zum Zentralrechner der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt in Zürich, wo die Daten aufbereitet werden. Die Romanshorer Wetterstation misst nach der konventionellen Methode.

Eine fast 100jährige Messreihe konnte mit Hilfe von EDV an meine seit 1977 existierende und zum grossen Teil aus privaten Interessen aufgebaute Wetterstation Romanshorn angeglichen werden, so dass eine lückenlose, heute fast 110 Jahre alte Messreihe von Wetterdaten für die thurgauische Seeregion vorliegt.

Ein interessantes Unternehmen ist nun die Berechnung eines Trends des Witterungsverlaufes in dieser Zeitspanne. Dabei ergeben sich ganz klare

Entwicklungstendenzen. Sie entsprechen ganz den wissenschaftlichen Erkenntnissen auch über grossräumige Klimaveränderungen.

Temperatur

So lagen beispielsweise die Jahrestemperaturen ausgangs des 19. Jahrhunderts noch knapp 1 Grad tiefer als heute. Die einzelnen Monate ergeben aber ein leicht unterschiedliches Bild. So sind April, Mai und Juni immer gleich warm geblieben. Die Sommer sind nur sehr leicht wärmer geworden, aber dafür haben sich Herbst und Winter kräftig erwärmt.

Niederschlag

Die Jahresniederschläge haben gegenüber dem Wetter vom Ende des letzten Jahrhunderts rund 7% zugenommen. Die einzelnen Monate weisen aber sowohl steigende als auch fallende Tendenzen auf. Wesentlich niederschlagsreicher geworden sind die Monate Januar, Februar und November. Hier machen die Zunahmen nahezu 40% aus! Hingegen waren die Monate März, Juli, August, September und Oktober vor 100 Jahren nasser als heute. An der Spitze liegt hier der Oktober, der «vor Zeiten» rund 25% niederschlagsreicher war.

Sonnenschein

Da die Bewölkung zunehmende Tendenzen aufweist, scheint heute die Sonne weniger als gegen Ende des 19. Jahrhunderts. Die Abnahme beträgt für diese Zeitspanne 8%. Besonders März und Mai sind heute viel sonnenärmer. Dagegen sind Juli und September in sehr bescheidenem Rahmen sonniger geworden. Die Monate Januar, Juni und Oktober bis Dezember sind unverändert geblieben.

3. Das Wetter am See

Um das Wetter eines bestimmten Ortes als Klima zu definieren ist eine langjährige Messreihe erforderlich. Normen oder Mittelwerte entstammen also aus einer über mehrere Jahre geführten Wetterbuchhaltung. Im folgenden wurde die für die Schweiz immer noch übliche Periode der Jahre 1931 bis 1960 gewählt. Alle nun folgenden Messwerte über das «Normalwetter» am Bodensee entstammen dieser Berechnungsart.

Temperatur

Die Temperatur ist zweifelsohne das wichtigste Klimaelement in der Meteorologie. Der Jahresmittelwert von Romanshorn liegt bei 8,5 Grad. Der Januar-Mittelwert liegt bei -1,0 Grad, der Juli-Mittelwert bei 17,8 Grad. Die bisher gemessenen Extremwerte schwanken zwischen -23 und +34 Grad und sind erst in jüngster Zeit gemessen worden.

Da der See als Wärmespeicher wirkt, sind die ufernahen Regionen im Jahresdurchschnitt um einige Zehntelsgrade wärmer als die Landstriche weiter weg vom See. Das Seewasser ist an der Oberfläche nur von März bis Juni kälter als die Luft, wirkt daher in geringem Masse auch als Bremsklotz gegen zu frühes Austreiben der Vegetation im Frühling. Umgekehrt werden die Uferregionen im Herbst noch lange vom See aufgewärmt, was sich in einem spät einsetzenden Frost manifestiert. Die frostfreie Periode beträgt rund 200

Tage, damit ist das Bodenseegebiet auch für den Anbau empfindlicher Kulturen sehr geeignet. Der letzte Frost ist um Mitte April zu gewärtigen, der erste Frost wird normalerweise erst Anfang November registriert.

Bewölkung und Sonnenschein

Sie sind entsprechend der topographischen Lage des Bodensees recht unterschiedlich. Je näher man zu den Alpen kommt, um so weniger scheint die Sonne. Konstanz verzeichnet im langjährigen Mittel 1640 Stunden, Romanshorn 1580 Stunden, St. Gallen jedoch misst nur noch 1500 Stunden. Hier macht sich also deutlich der Stau effekt bei Nordwindlagen bemerkbar. Im Oberthurgau treten pro Jahr 80 bedeckte Tage auf, wolkenlos ist es dagegen nur an 13 Tagen. Das Jahresmittel der Bewölkung beträgt 67%.

Föhn tritt an der thurgauischen Seeregion so selten auf, dass ein Einfluss im Jahresdurchschnitt weder auf die Bewölkung noch auf die Temperatur nachgewiesen werden kann. Wesentlich mehr Föhn ist aber im Rheinmündungsgebiet nachweisbar.

Nebel tritt in Romanshorn an durchschnittlich 52 Tagen im Jahr auf. Dank des hohen Bewölkungsgrades und der vielen Nebellagen vor allem im Herbst wird die Frostgefahr am See merklich gemindert.

Niederschlag

Hier ergibt sich ebenfalls ein recht unterschiedliches Bild. Der Einfluss der Alpen ist sehr gross. So fallen in Konstanz 830 mm Niederschlag pro Jahr, in Romanshorn sind es 980 mm und in Bregenz sogar 1440 mm. Am trockensten ist der März, am niederschlagsreichsten der Juli. Überhaupt sind die Sommermonate sehr niederschlagsreich.

Niederschlagstage mit einer Menge von mindestens 0,3 mm verzeichnet Romanshorn pro Jahr 156, solche von mindestens 1,0 mm jedoch nur noch 129 Tage. Der Anteil der Schneefälle am Gesamtniederschlag macht im Jahresmittel 17% aus.

Wind

Obwohl der See einen Einfluss auf das Lokalwindssystem hat, werden die Bodenwinde zum grössten Teil durch die Strömungsverhältnisse in der freien Atmosphäre gesteuert. Eine Untersuchung der Windrichtung zeigt eindeutig das Vorherrschen der Westwinde. Sein Anteil am Gesamtkuchen (8 Windrichtungen) macht 26% aus, gefolgt vom Südwestwind mit 20%. Recht häufig weht dann in Romanshorn der Wind auch aus Sektor Nord bis Ost. Im Winter ist es die überregionale Bise, im Sommer kommt noch der lokale See wind dazu.

Die mittleren Windgeschwindigkeiten liegen bei 6,3 km/h (1,8 m/sec). Sturm mit einem Tagesmittel von über 3 m/sec tritt an 47 Tagen auf, wobei die Häufung eindeutig in den Wintermonaten liegt. Tage mit einer Windspitze von über 100 km/h treten allerdings nur alljährlich ein Mal auf. Die höchste Windspitze seit Beginn von Windstärkemessungen im Jahre 1971 betrug 121 km/h und wurde im Februar 1990 gemessen.

Die kräftigsten Winde wehen aber im langjährigen Durchschnitt aus Nordost. Daran ist vor allem die hartnäckige Bise mit ihren konstanten und ausdauernden Windgeschwindigkeiten beteiligt.

Land- und Seewind

Lokalwinde treten am Bodensee vor allem als Land- und Seewind auf. Danebst kann im Rheindelta auch der Berg- und Talwind beobachtet werden. Das Rheindelta wird bei Südwindlagen zeitweise auch vom Föhn erfasst, welcher dann das Rheintal herunterpfeift. Sobald er aber auf den offenen See hinausgelangt, verliert er kräftig an Wirkung und Heftigkeit.

Der Land- und Seewind wird an Strahlungstagen im Sommerhalbjahr rund um den See beobachtet. Ausgelöst wird diese lokale windige Erscheinung durch die unterschiedliche Erwärmung der Luft über dem See und über dem Land. Am Tage erwärmt sich die Luft über dem Land rascher als über dem See. Es entstehen Temperaturunterschiede und somit Druckunterschiede, die nach einem Ausgleich suchen. Die Luft setzt sich nun vom See her einige Kilometer landeinwärts in Bewegung, steigt dann auf und strömt in wenigen 100 Metern Höhe wieder dem See zu, um den Kreislauf zu schliessen.

Nachts ist dann die Luft über dem See wärmer und so wechselt dieses Spiel je nach Jahreszeit ungefähr im 12-Stunden-Takt seine Richtung. Zur Zeit des Wechsels tritt für eine kurze Zeit praktisch Windstille ein. Die unmittelbare Auswirkung des Land- und Seewindes auf die Uferregionen ist ein ausgeglichener Tagesgang der Temperaturen als im Landesinnern. Der Seewind bringt tagsüber Kühlung, der Landwind gegen Morgen eher eine leichte Erwärmung. Die Temperaturunterschiede betragen je nach Jahreszeit 2 bis 4 Grad.

4. Wie das Wetter werden kann (Vgl. Tabellen)

Die Statistik kann in beschränkter Masse auch für eine Prognose verwendet werden. Im vorliegenden Falle wurden Mittelwerte aus täglichen Beobachtungen (für die Zeitspanne 1978 bis 1989) errechnet, jeweils über 7 Tage übergreifend gemittelt und grafisch dargestellt. Sofort ragen einige Wetterereignisse, zum Teil sehr deutlich, heraus.

Diese so ermittelten Daten dürfen lediglich als statistisch gemittelte Richtwerte angesehen werden, denn erfahrungsgemäss hält sich das Wetter kaum exakt an diese Kurven. Wir wissen dann aber bei der Interpretation, ob und wie weit das Wetter vom Normalwert abgewichen ist.

Im Folgenden wird nun der ideale Witterungsablauf für die einzelnen Monate erläutert. Diese Ausführungen haben Gültigkeit für die Bodenseeregion des Thurgaus, auf einem etwa 10 km breiten Landstreifen entlang des Sees.

Januar

Der Januar ist der kälteste und schneereichste Monat des Jahres. Zum Monatsbeginn lassen die Berechnungen ein sehr hohes Niederschlagsrisiko erwarten. Um den 10. ist mit der kältesten Zeit des Jahres zu rechnen. Diese Zeit wird durch Hochdruck bestimmt und es herrscht deshalb wenig Wind. Die 2. Monatshälfte wird dann durch eine kontinuierliche Erwärmung, aber auch wieder durch vermehrte Niederschläge sowie auflebende Winde gekennzeichnet. Die Besonnung schwankt bei täglich um etwa 1 Stunde. Vereinzelt können natürlich auch recht sonnige Tage auftreten. Im ganzen Monat verdunstet praktisch keine Feuchtigkeit und die Erdbodenfeuchte liegt immer bei 100% der nutzbaren Kapazität.

Februar

Erst im Februar werden in tieferen Erdschichten (1,0 bis 1,5 m) die kältesten Temperaturen verzeichnet, da die Kälte ihre Zeit braucht, bis sie durch die Erde in grosse Tiefen durchgedrungen ist. Das Februarwetter gestaltet sich in der ersten Hälfte mild, niederschlagsreich und windig: Es herrscht der Westwindtypus vor, der im Winter immer für solche Witterung sorgt. Die zweite Hälfte wird nochmals sehr kalt, dafür aber auch trocken. Manchmal werden sogar erst in dieser Zeit die tiefsten Temperaturen des Jahres gemessen. Es bläst die strenge und aufdringliche Bise über den See. Dabei nimmt jetzt die Bewölkung ab und die Sonne scheint spürbar länger, nämlich 2 bis 3 Stunden pro Tag. Die Verdunstung setzt ein und der Erdboden beginnt langsam abzutrocknen. Um den 20. ist mit dem letzten Eistag (ganztags unter 0 Grad) zu rechnen.

März

Der März ist der niederschlagsärmste Monat des Jahres. Er bringt der thurgauischen Seeregion am meisten Föhn, gesamthaft etwa 8 Stunden. Der ganze Monat ist gekennzeichnet durch einen konstanten Temperaturanstieg. Eine kurze Stagnation tritt Mitte März ein. Niederschlagsmässig ist die erste Monatshälfte eher trocken, die zweite Hälfte ist wieder recht mit Niederschlagstagen gespickt. Die Besonnung liegt bei 3 bis 4 Stunden täglich. Der Wind nimmt von anfangs 6 km/h auf 8 km/h Ende Monat zu. Bereits Ende März ist am See die letzte Schneedecke zu erwarten.

April

Im April liegt der Luftdruck am tiefsten, analog dazu herrschen statistikgemäss die stärksten Winde, es sind die Frühlingsstürme. In diesem Monat findet kaum eine Erwärmung statt. Die erste Hälfte verläuft eher niederschlagsreich. Mitte April tritt der letzte Frost auf und es ist auch die Zeit der letzten Schneefälle. Hier ist die Streubreite allerdings sehr gross: sowohl der März als auch der Mai können die letzten Schneefälle bringen. Die zweite Aprilhälfte fällt im allgemeinen recht trocken und sonnig aus. Die Sonne scheint jetzt täglich 5 bis 6 Stunden, gegenüber 3 Stunden zu Monatsbeginn. Eine stark zunehmende Verdunstung aus der Vegetation von bis zu täglich 2 mm wird gemessen. Dadurch trocknet der Boden gründlich ab.

Mai

Im Mai ist die Luft am trockensten. Im Jahre 1990 wurde ein Trockenheitsrekord von 12% relative Feuchte gemessen, ein Wert der in den letzten 110 Jahren noch nie auftrat. Die erste Maihälfte bringt eine kräftige Erwärmung um 5 Grad. Die Niederschlagsneigung klingt merklich ab und die Sonne scheint entsprechend dem kontinuierlich steigenden Stand mehr und mehr. Die zweite Monatshälfte lässt die verspäteten Eisheiligen erwarten: Ein leichter Rückgang der Temperaturen ist zu verzeichnen. Am See tritt aber kein Frost auf. Tatsächlich haben sich die Eisheiligen in den vergangenen zwei Jahrzehnten kaum mehr an ihren Termin (12. bis 14. Mai) gehalten! Ende Monat wird bereits der 1. Sommertag (25 Grad) erwartet.

Juni

Er ist der Monat, welcher am hagelgefährdetsten ist, da jetzt die Sonne den höchsten Stand erreicht, die Luft aber noch keine hochsommerlichen Werte

aufweist. Dadurch finden in Gewitterstürmen besonders kräftige Turbulenzen statt, die dann für die hohen Wolkenberge und die gefürchtete Hagelentstehung verantwortlich sind. Der Juni ist auch der Monat der Westwindlagen. Er ist der erste Sommermonat mit häufigen und ergiebigen Niederschlägen. Das ganze Juniwetter verläuft, von kurzen Verschnaufpausen abgesehen, gleichmässig feuchtkühl. Am ehesten scheint, gemäss Statistik, eine Beruhigung um Mitte Monat einzutreten, ehe die Schafskälte wieder zuschlägt. Die täglichen Verdunstungsraten liegen ziemlich gleichmässig bei 2 mm/Tag, die Bodenfeuchte um 85% der nutzbaren Kapazität. Ende Monat tritt erstmals Schwüle auf (absolute Feuchte über 14 g Wasser/m³ Luft).

Juli

Der Juli ist der wärmste, sonnigste, aber auch der niederschlagsreichste, weil gewitterreichste, Monat. Er bringt uns am wenigsten Nebel. Nun findet nur noch eine geringe Erwärmung statt, bis schliesslich Ende Monat die Jahreshöchsttemperaturen erreicht werden. Die Niederschlagsbereitschaft ist sehr unterschiedlich. Am grössten ist sie Anfang, Mitte und Ende Monat. Um den 10. und 20. ist sie geringer. Die Besonnung steigt von anfangs täglich 6 Stunden auf beinahe 8 Stunden Ende Monat, da auch die Bewölkung kräftig zurückgeht. Der Juli bringt eine starke Verdunstung von zum Teil bis zu 3 mm/Tag. Entsprechend sinkt die Erdbodenfeuchte bis unter 80%. Mitte Monat wird im allgemeinen der erste Hitzetag (30 Grad oder mehr) verzeichnet, der letzte ist aber bereits Ende Monat wieder zu erwarten.

August

Der August ist der schwülste Monat des Jahres. Insgesamt etwa an 8 Tagen ist mit Schwüle zu rechnen. Dieser Monat weist auch die geringste Bewölkung auf. Nach einer anfänglich hitzigen und gewitterreichen Periode tritt eine Abkühlung ein, bevor Mitte August der Hochsommer zu Ende geht. Dabei ist es dann recht stabil, trocken und sonnig. Die letzte Dekade (10 Tage) lässt die Temperaturen spürbar fallen. Es ist vorwiegend trüb und regnerisch. Der August weist auch die höchsten Erdbodentemperaturen auf.

September

Er ist der windärmste Monat und weist das höchste Luftdruckmittel auf. Dies passt gut zu diesem schönen, ruhigen und spätsommerlichen Monat. In den ersten beiden Dekaden bleiben dann auch die Temperaturen unverändert. Die Tagesmaxima erreichen um 20 Grad und die tägliche Besonnung liegt um 5 bis 6 Stunden. Um den 10. tritt die letzte Schwüle sowie der letzte Sommertag (25 Grad oder mehr) auf. Es ist der liebe Altweibersommer. Erst Ende September fallen die Temperaturen spürbar. Niederschläge, vermehrte Bewölkung und ein Rückgang der Sonnenscheindauer gehen parallel einher.

Oktober

Der Oktober ist bei weitem der nebelreichste Monat. Etwa 8 Nebeltage sind zu erwarten. Den ganzen Monat über fallen die Temperaturen beständig. Die Temperaturabnahme macht täglich etwa 0,2 Grad aus. Die ersten Tage weisen ein geringes Niederschlagsrisiko auf. Es ist der ausklingende Altweibersommer oder der Goldene Oktober. Dann nimmt aber die Niederschlagsneigung kontinuierlich zu, erreicht um den 10. einen Höhepunkt und klingt

dann bis Ende Monat wieder stark ab. Die Bewölkung nimmt im Oktober zu, analog geht die Besonnung von anfangs 4 auf schlussendlich 2 Stunden pro Tag zurück.

November

Er weist die feuchteste Luft auf. Die erste Dekade bringt uns das Martinisömmerchen. Es handelt sich dabei um die letzte noch milde Schönwetterperiode vor dem Winter. Das ganze Jahr über ist die Niederschlagsbereitschaft nie so gering wie in dieser Zeit: Sie liegt bei 20%. Es ist die Zeit der letzten Feldarbeiten, da der Boden noch relativ trocken ist und die Verdunstung beinahe auf den Nullpunkt sinkt. Der Martinisommer dauert bis etwa St. Martin (11. November). Dann folgt Niederschlag, begleitet vom ersten garstigen Kaltluftvorstoss des beginnenden Winters. Schnee ist aber am See noch kaum zu erwarten. Den ganzen Monat über fallen die Temperaturen kräftig. Die Besonnung liegt unter 2 Stunden täglich. Erst Ende Monat stehen die ersten Schneefälle an, kurz darauf folgt dann auch die erste Schneedecke.

Dezember

Der letzte Monat des Jahres weist die höchste Bewölkung und die geringste Sonnenscheindauer auf. Der Monatsanfang gestaltet sich kalt, trocken, trüb und windschwach. Es ist die Zeit, wo der erste Eistag (ganztags unter 0 Grad) auftritt. Sehr oft weht in diesen Tagen die eisige Bise. Auf Mitte Dezember folgt eine kräftige Erwärmung: Westwinde bringen milde und feuchte Atlantikluft in den Kontinent. Dabei leben die Winde kräftig auf. Die Niederschläge fallen in Form von Regen. Es handelt sich um das verfrühte Weihnachtswetter, eine alljährlich mit grosser Sicherheit wiederkehrende Wetterlage. Von nun an sind die Böden wieder bis in den Februar hinein voll gesättigt und trocknen kaum mehr ab, da auch nichts mehr verdunstet. Das Jahresende gestaltet sich wieder kälter und trockener und leitet damit zum hochwinterlichen Januar über.

Wie das Wetter kurz- und langfristig tatsächlich wird, davon müssen wir uns auf alle Fälle überraschen lassen! Dies um so mehr, als der Mensch gegenwärtig daran ist, auf das Klima der Erde Einfluss zu nehmen. Exakte Auswirkungen davon sind weder global, geschweige regional zu prognostizieren. An der Tatsache, dass Klimaänderungen zu erwarten sind, wird heute kaum mehr gezweifelt, und dass daraus Gewinner und Verlierer resultieren werden, ist auch abzusehen.

Benutzte Literatur

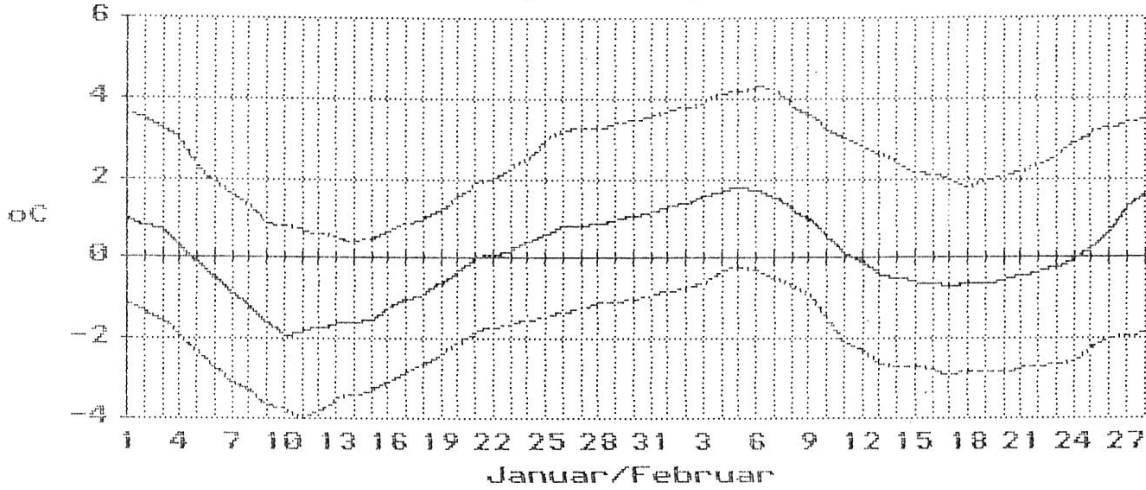
Zu Kapitel 3:

MAURER H., 1982: Der Bodensee. Landschaft, Geschichte, Kultur.
Bodensee-Bibliothek 28, 6745.

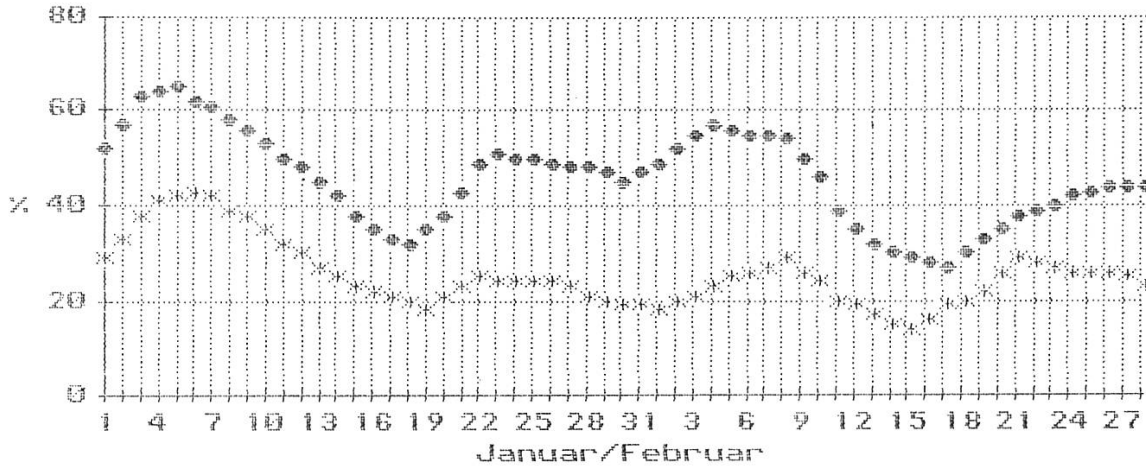
Adresse des Verfassers:

Christoph Frauenfelder, Agrarmeteorologische Messstation, Deucherstrasse 8,
CH-8590 Romanshorn.

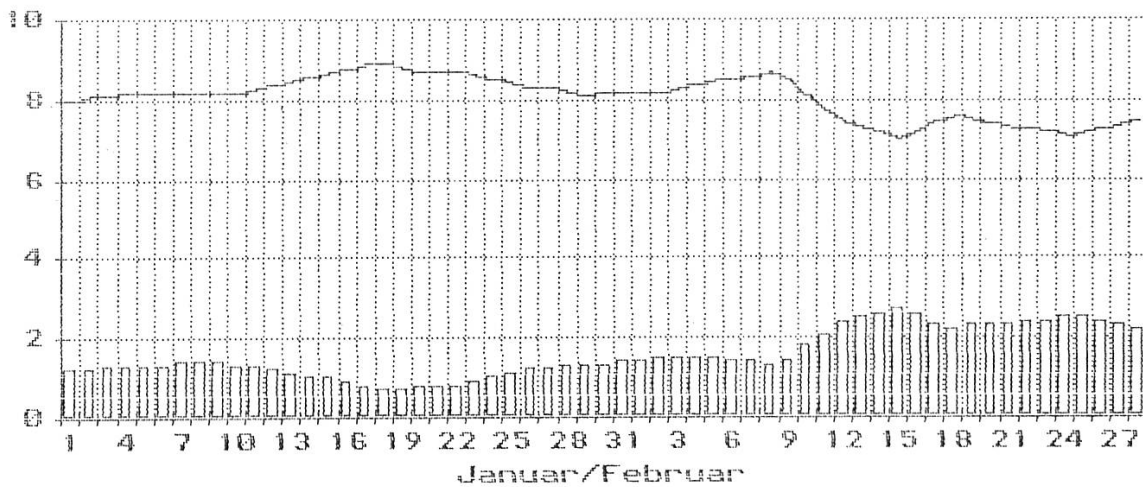
Tagesnormen Romanshorn 406m.
(1978-1989). Temperaturen:
Minimum, Mittel, Maximum.



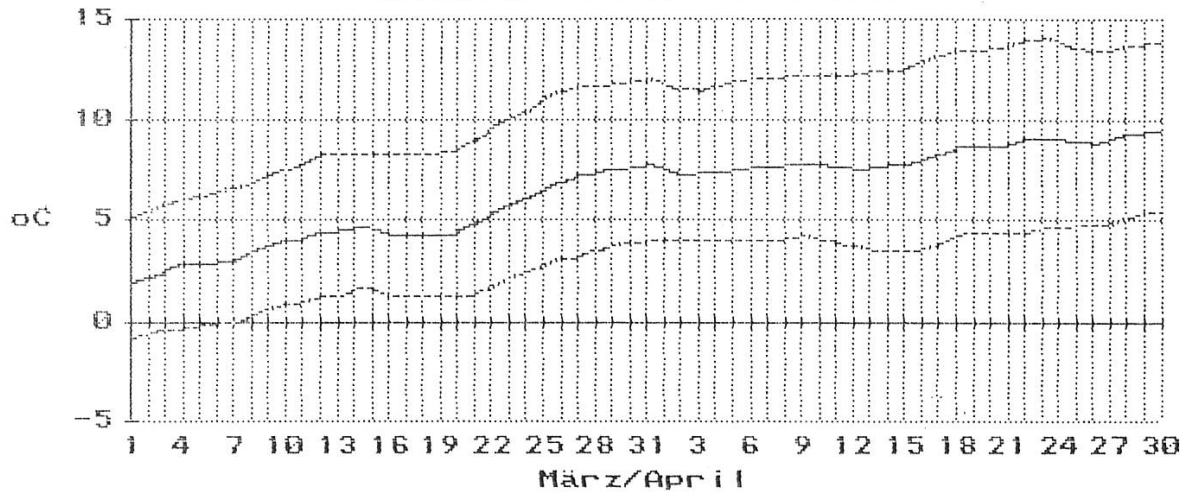
Tagesnormen Romanshorn 406m.
(1978-1989). Niederschlagsrisiko %, Schneefallrisiko %.



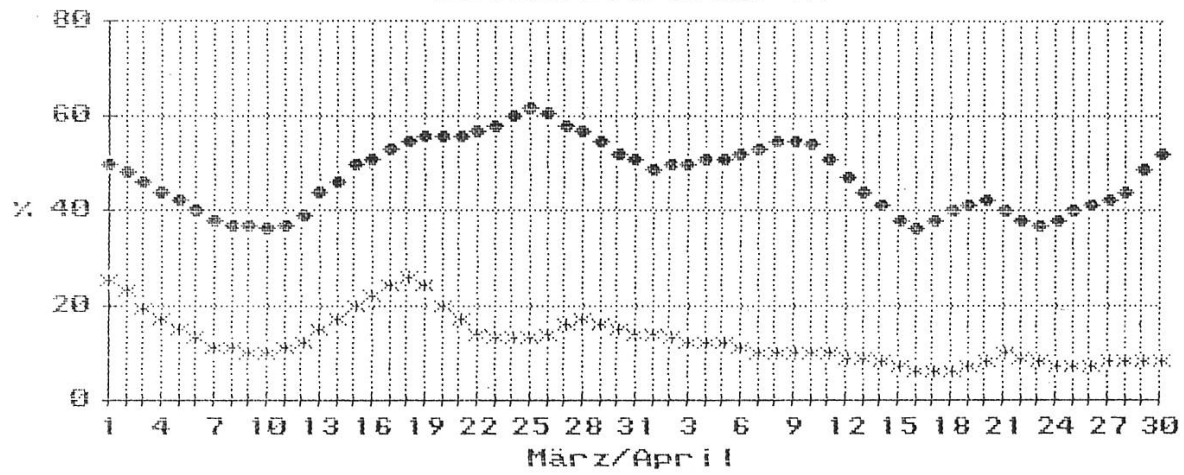
Tagesnormen Romanshorn 406m.
(1978-1989). Bewölkung 1/10, Sonnenscheinstunden.



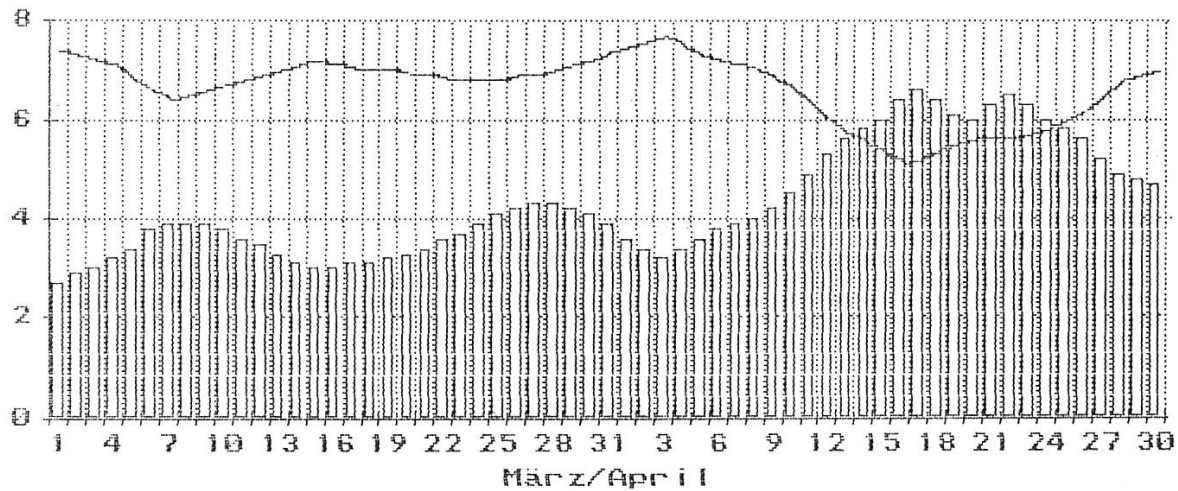
Tagesnormen Romanshorn 406m.
(1978-1989). Temperaturen:
Minimum, Mittel, Maximum.



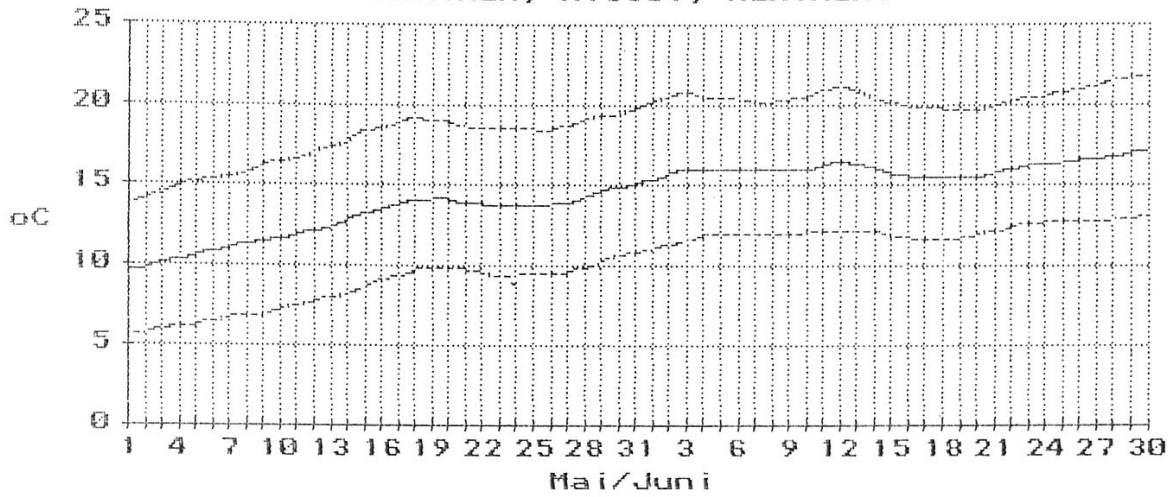
Tagesnormen Romanshorn 406m.
(1978-1989). Niederschlagsrisiko %, Schneefallrisiko %.



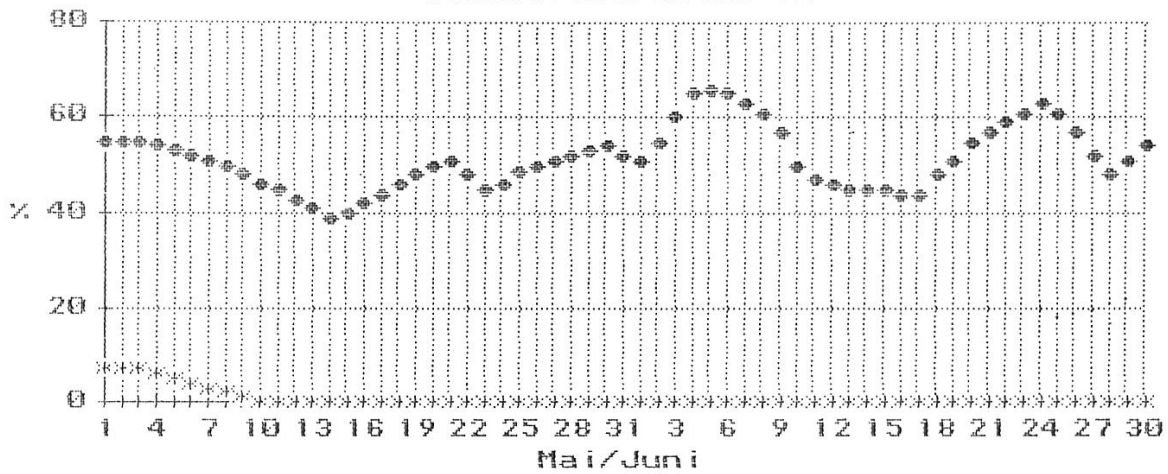
Tagesnormen Romanshorn 406m.
(1978-1989). Bewölkung 1/10, Sonnenscheinstunden.



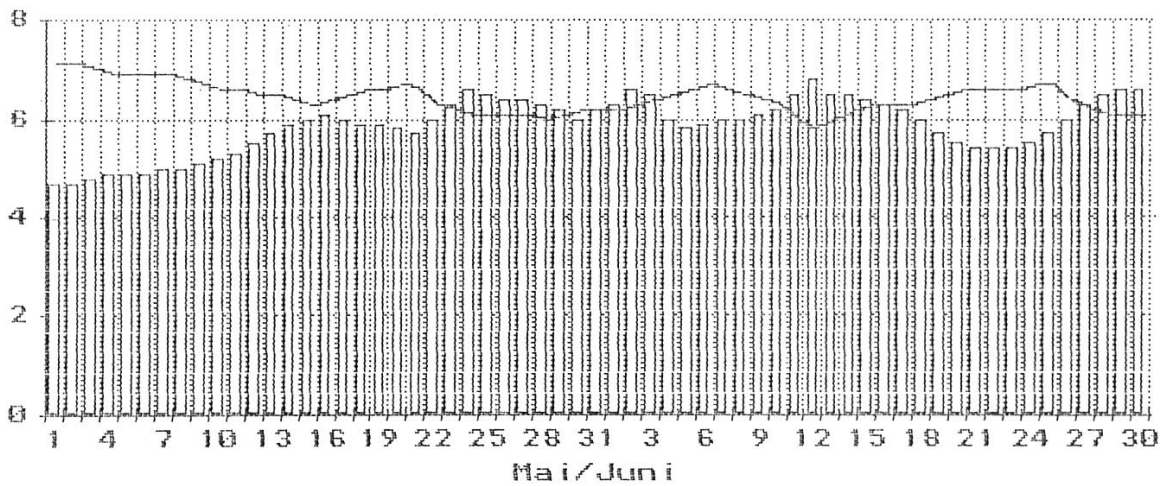
Tagesnormen Romanshorn 406m.
(1978-1989). Temperaturen:
Minimum, Mittel, Maximum.



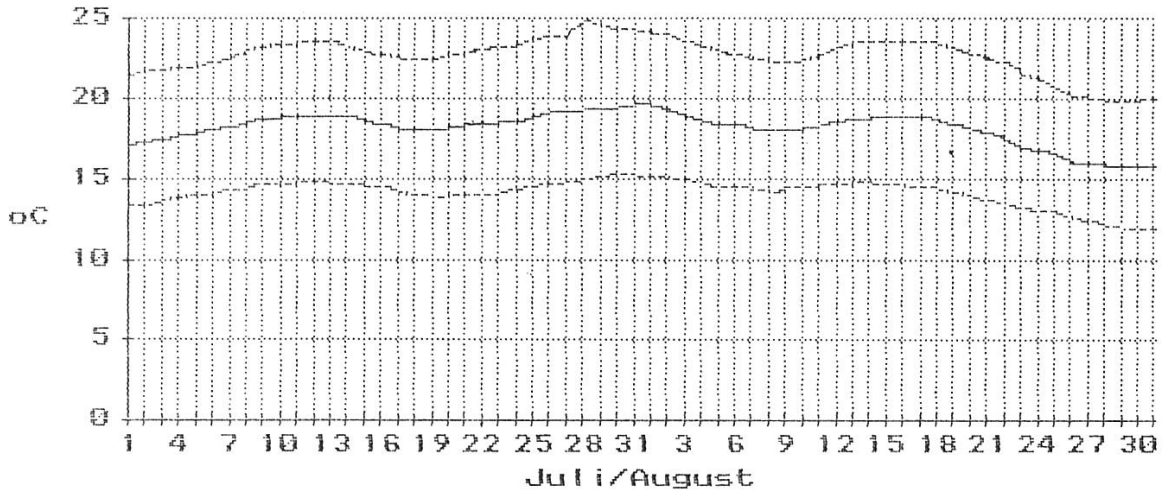
Tagesnormen Romanshorn 406m.
(1978-1989). Niederschlagsrisiko %, Schneefallrisiko %.



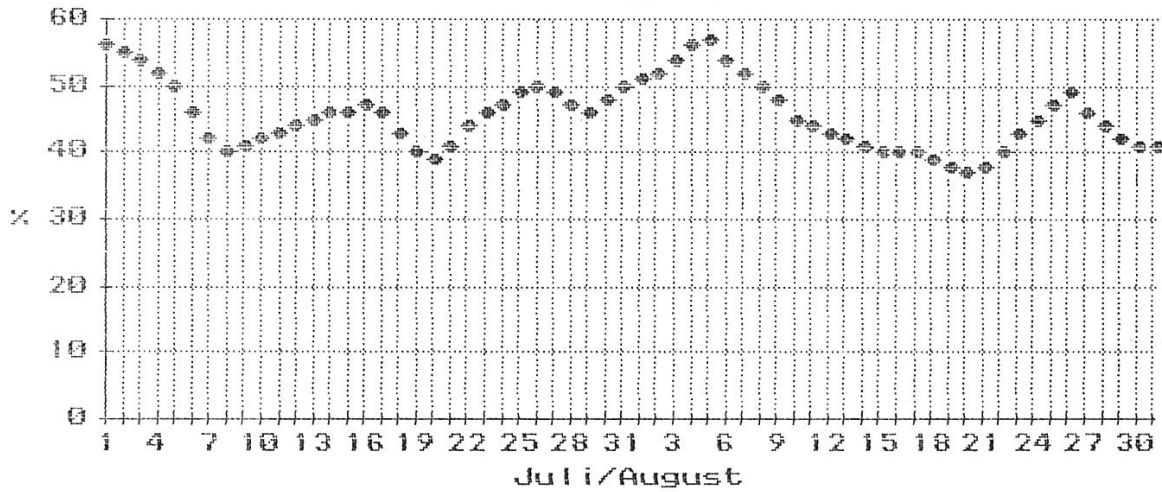
Tagesnormen Romanshorn 406m.
(1978-1989). Bewölkung 1/10, Sonnenscheinstunden.



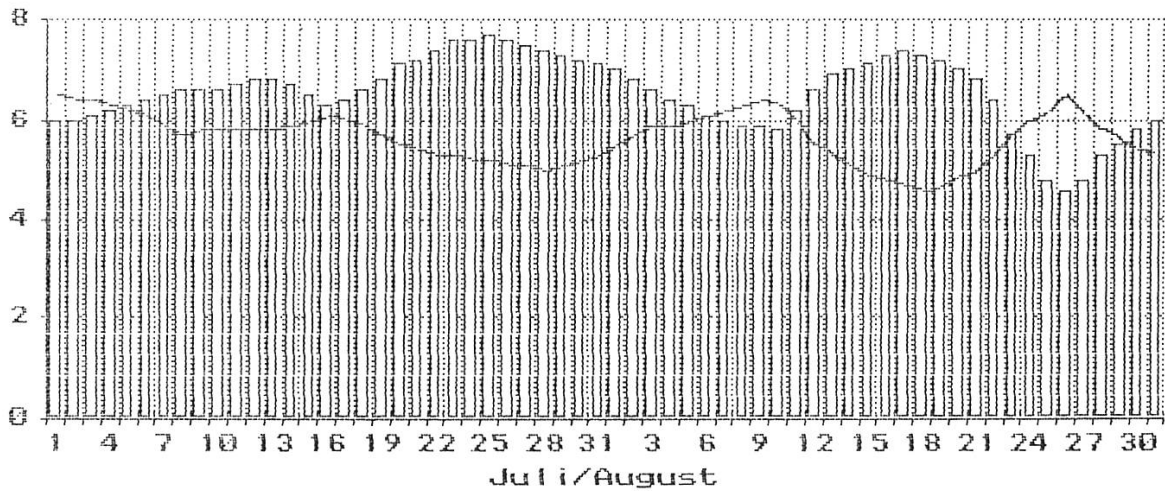
Tagesnormen Romanshorn 406m.
(1978-1989). Temperaturen:
Minimum, Mittel, Maximum.



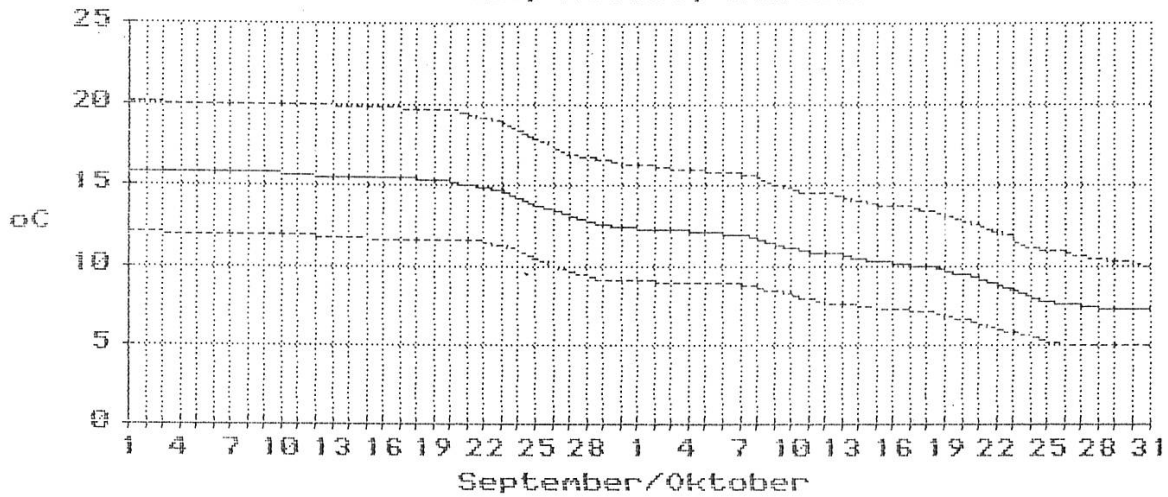
Tagesnormen Romanshorn 406m.
(1978-1989). Niederschlagsrisiko %.



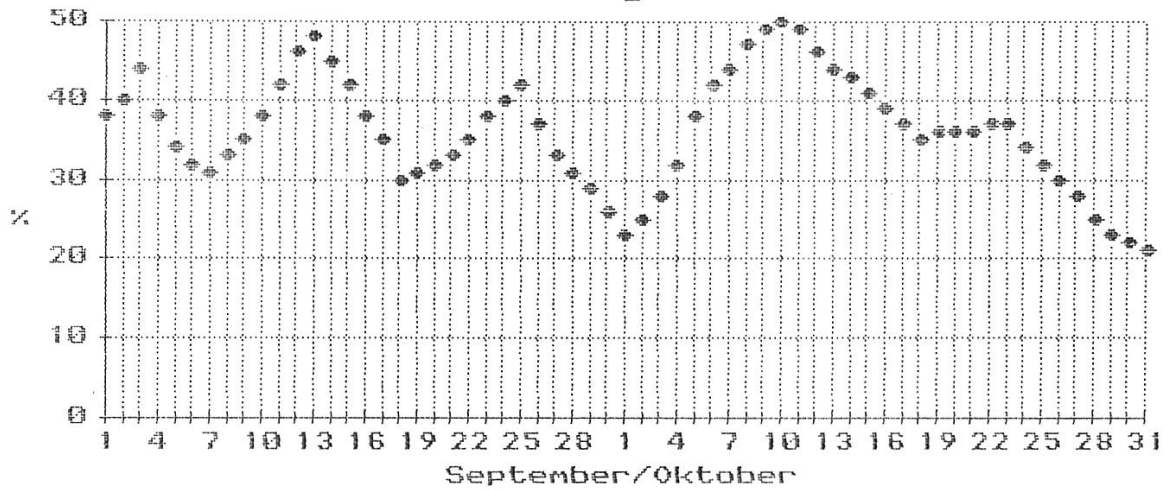
Tagesnormen Romanshorn 406m.
(1978-1989). Bewölkung 1/10,
Sonnenscheinstunden.



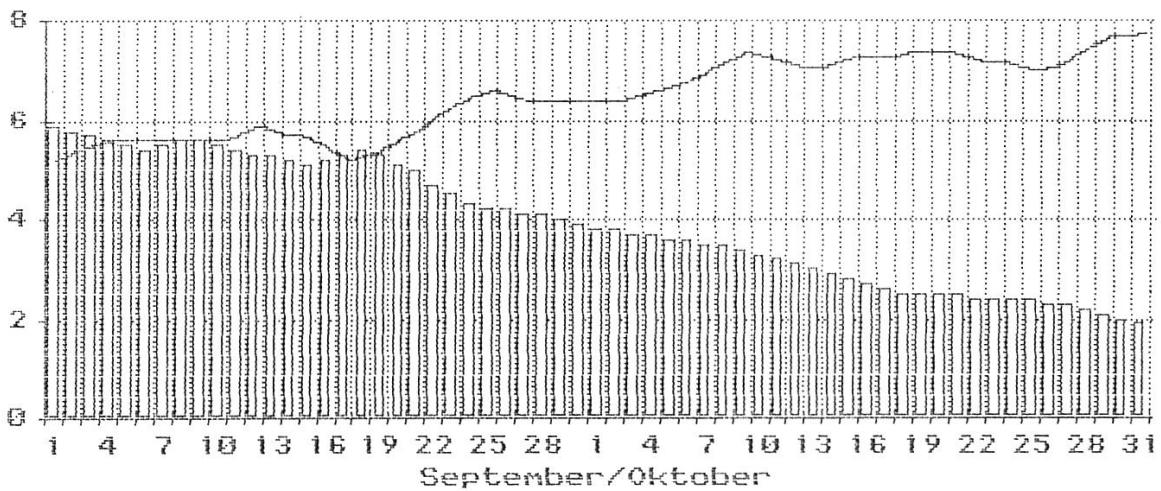
Tagesnormen Romanshorn 406m.
(1978-1989). Temperaturen:
Minimum, Mittel, Maximum.



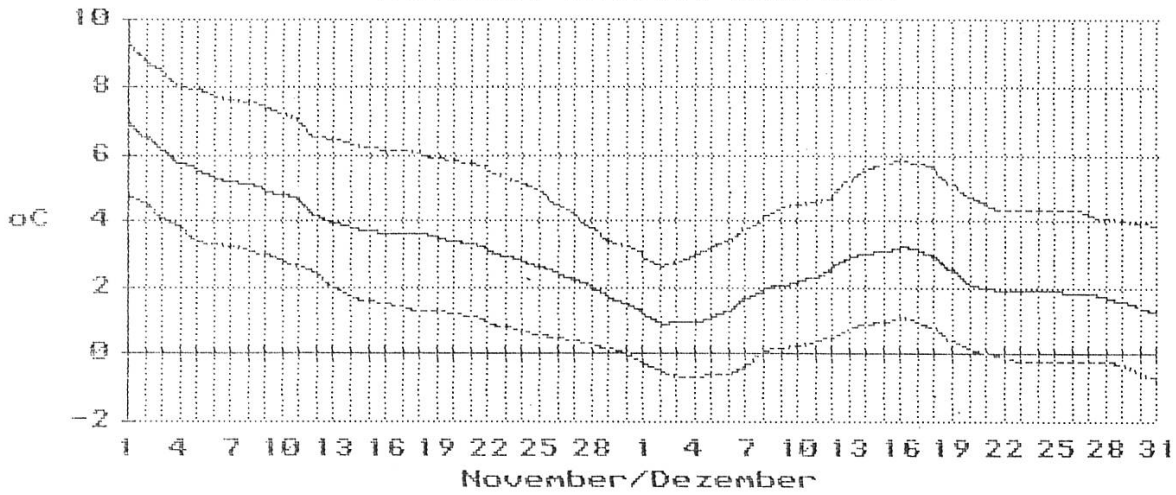
Tagesnormen Romanshorn 406m.
(1978-1989). Niederschlagsrisiko %.



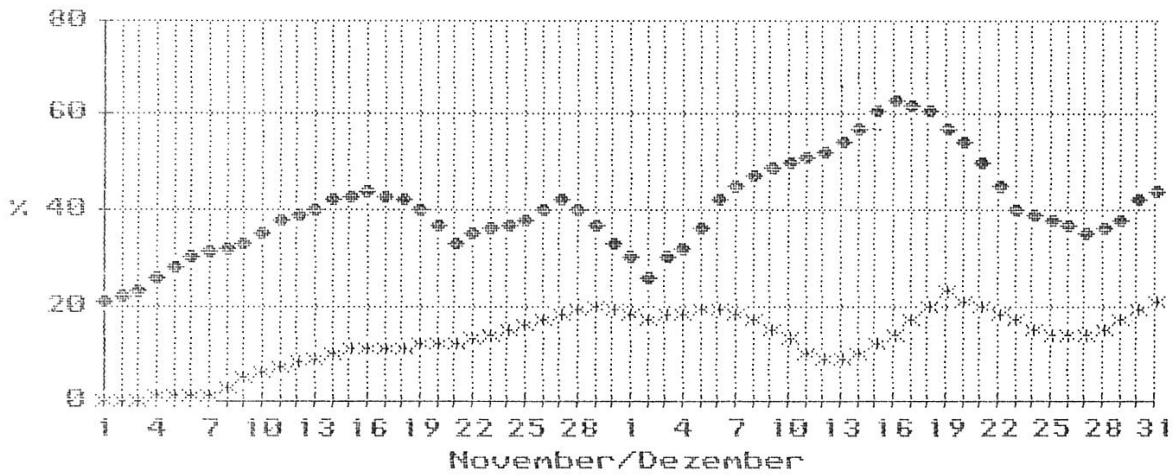
Tagesnormen Romanshorn 406m.
(1978-1989). Bewölkung 1/10,
Sonnenscheinstunden.



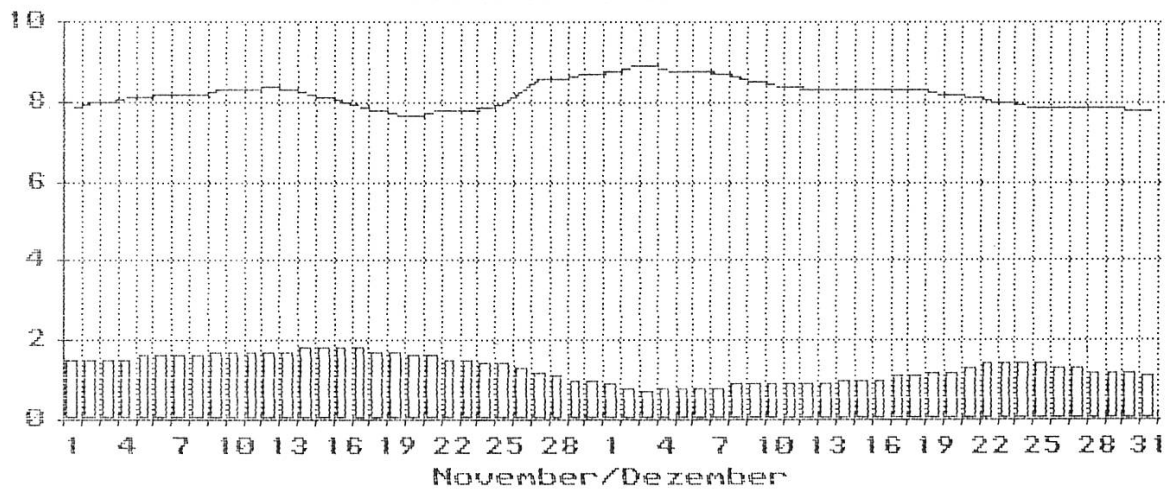
Tagesnormen Romanshorn 406m.
(1978-1989). Temperaturen:
Minimum, Mittel, Maximum.



Tagesnormen Romanshorn 406m.
(1978-1989). Niederschlagsrisiko %, Schneefallrisiko %.



Tagesnormen Romanshorn 406m.
(1978-1989). Bewölkung 1/10, Sonnenscheinstunden.



Veränderungen am Lauf der Lützelburg unterhalb Aadorf, von 1947–1989

REGULA LACHER

Mitt. thurg. naturf. Ges.	50	10 Seiten	4 Abbildungen	Frauenfeld 1990
---------------------------	-----------	-----------	---------------	-----------------

1. Problemstellung

Ein 800 m langer Flussabschnitt, der das Arbeitsgebiet darstellt, ist bis heute unverbaut geblieben. Die Tatsache, dass der Fluss frei mäandrieren kann, hat im wesentlichen 2 Auswirkungen:

- Das Gebiet ist biologisch sehr interessant, weil es auf kleinem Raum viele verschiedene Lebensräume bietet. Neben Stellen mit schnell fließendem Wasser bestehen solche mit ruhig fließendem oder stehendem Wasser. Die verlandenden Flussarme bieten Feuchtstandorte, und an den Abrissstellen von Rutschungen entstehen Trockenstandorte.
- Sobald sich die Lützelburg seitlich verschiebt, entstehen mit der Verschiebung der Eigentumsgrenzen rechtliche Probleme. Da das Land land- oder forstwirtschaftlich genutzt wird, fallen zudem Einkommensverluste an.

Die immer wieder auftretenden kleinen Schäden führten schliesslich zum Wunsch nach einer Verbauung der Lützelburg. Dies erregte den Widerstand aus Naturschutz-Kreisen.

Aus dieser Problematik entstand die Frage nach der Dynamik des Flusses:

Wie veränderte sich die Lützelburg in den letzten Jahren und Jahrzehnten?

Dieser Frage widmete ich mich im Rahmen einer Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Zürich. Aus dieser Diplomarbeit, die vor kurzem fertiggestellt wurde, stelle ich hier einen Auszug vor. Alle Abbildungen stammen (leicht modifiziert) aus meiner Diplomarbeit.

2. Arbeitsgebiet

Die Lützelburg (zuerst als Seebach bezeichnet) ist ein kleiner Fluss ganz im Westen des Kantons Thurgau. Ihr Lauf bildet teilweise die Grenze zum Kanton Zürich. Vom Bichelsee (594 m ü. M.) bis Aadorf folgt die Lützelburg breiten, schottergefüllten Tälern. Diese Täler stammen aus der letzten Eiszeit. Bei Aadorf biegt die Lützelburg nach Norden ab und durchbricht mehrere Moränenwälle, die nach SCHINDLER (1978) ebenfalls aus der letzten Eiszeit stammen, also rund 18 000 Jahre alt sind. Nach dem Moränen-Durchbruch nutzt die Lützelburg das Gefälle ins ehemalige Zungenbecken. Sie mündet nach total 17,2 km auf 435 m ü.M. bei Matzingen in die Murg.

Die Anlage für den Moränen-Durchbruch nördlich von Aadorf ist möglicherweise gleich alt wie die Moränen selbst. Er wäre dann eine ehemalige Entwässerungsrinne des Gletschers, und die Entwässerungsrichtung wäre dann umgekehrt gewesen: vom Gletscher weg über die Schotterflur des heutigen Aadorfer Feldes und durch das heutige Eulachtal zur Töss. Dafür sprechen zwei Anhaltspunkte, der zickzackartige Lauf der Lützelburg und die Neigung einer der Terrassenflächen zum Aadorfer Feld hin. Der zickzackartige Lauf deutet auf Schmelzwasser hin, das sich seinen Lauf zwischen und durch die Moränenwälle suchte.

Die Flussstrecke, die das eigentliche Arbeitsgebiet darstellt, ist 800 m lang und bildet den obersten Teil des Moränen-Durchbruches.

Das Arbeitsgebiet beginnt unterhalb der Kläranlage Aadorf bei der «Brücke Wellauer» und reicht bis zur Staumauer «Wehr Lutz» (Gemeinde Aawangen).

Anhand der Morphologie unterteilt sich das Arbeitsgebiet in zwei Teile:

- Im *oberen Teil* bestehen viele kleine Talterrassen auf verschiedenen Niveaux. Sie wurden vom Fluss hinterlassen, als er sein Bett immer tiefer legte. Das aktuelle Flussbett ist hier eingezwängt zwischen den Terrassenhängen. Bei Hochwasser kann die Lützelmurg einige alte Flussarme überfluten, ist aber dennoch stark eingeschränkt durch die Terrassenhänge.

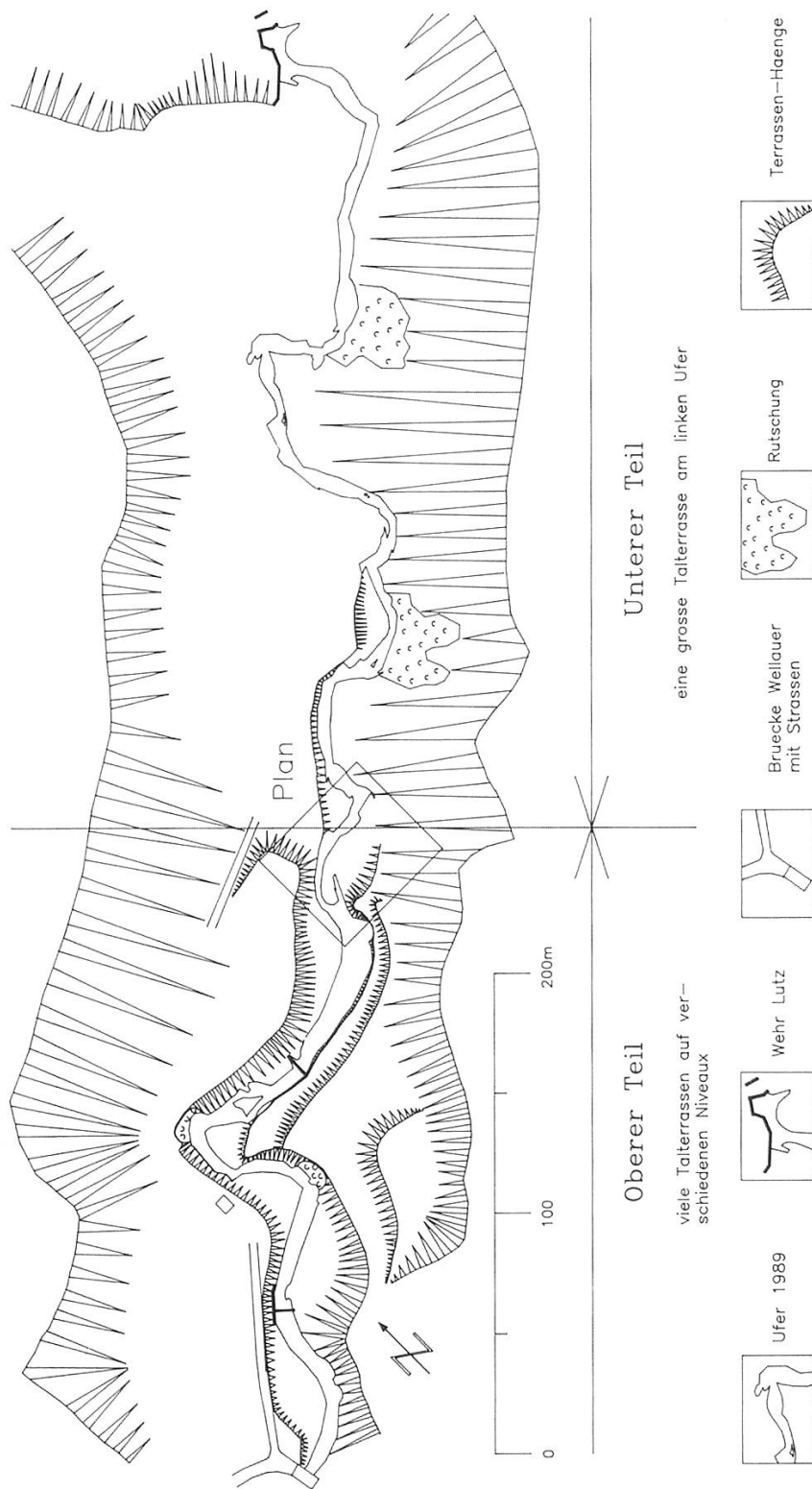


Abb. 1: Das Arbeitsgebiet liegt unterhalb von Aadorf, zwischen der «Brücke Wellauer» und dem «Wehr Lutz».

- Im *unteren Teil* besteht nur eine einzige Terrasse, an deren Rand die Lützelermurg entlang fliesst. Bei Hochwasser kann die Lützelermurg vor allem im unteren Teil auf diese Terrasse ausufern. Im rechten hohen Seitenhang bestehen zwei grosse Rutschpartien. Die Lützelermurg räumt die anfallenden Massen weg, wodurch die Rutschungen aktiv bleiben.

Aus der Tatsache, dass eine Kiesbank ganz kurz vor der «Wehrkrone Lutz» bis knapp unter die Wasseroberfläche reicht, schliesse ich, dass die Verlandung des Weihers praktisch abgeschlossen ist. Die lokale Erosionsbasis ist also stabil und lässt gleichzeitig die ankommende Sedimentfracht passieren. Die Gesteine des Arbeitsgebietes bestehen im wesentlichen aus zwei Lockergesteinsarten: die eiszeitlichen Schotter und darüber die Moränen-Sedimente der Wälle. Der heutige Lauf der Lützelermurg liegt so tief, dass er heute auf der ganzen Länge des Arbeitsgebietes durch die sicherlich gletschernah abgelagerten Schotterlagen fliesst. Im unteren Teil bestehen die hohen Seitenhänge aus Moränenmaterial. Als spezielles Sediment steht an zwei Stellen grau-blauer Lehm an, der wahrscheinlich aus einem randglazialen kleinen See stammt. Die Erosionsbeständigkeit dieses feinkörnigen Materials ist hoch: solange der Wassergehalt weder zu gross noch zu klein ist, wirkt die Kohäsion zwischen den Teilchen so stark, dass der Lehm beinahe wie gewachsener Fels der Strömung widersteht.

3. Aufnahme-Methoden

Zu Beginn der Arbeit waren folgende Unterlagen vorhanden: Plan der Uferlinie von 1947 (Massstab 1:1000), Plan der Uferlinie von 1987 (1:1000), 32 Querprofile (1:100) und ein Längsprofil (1:500) ebenfalls von 1987 und einige Fotos von 1987. Um weitere Daten zu sammeln, beobachtete ich die Lützelermurg ein Jahr lang. Dabei verfolgte ich auch das Ziel, die Art und Weise der Dynamik der Lützelermurg etwas kennenlernen zu können. Hierfür benutzte ich 4 Aufnahme-Methoden, die sich gegenseitig ergänzen: Vermessung, Fixpunkte, Fotos und Kartierung. Wie Abbildung 2 zeigt, gliedern sich die Methoden in quantitative, das heisst messbare Methoden und in qualitative, das heisst beschreibende Methoden. Nachfolgend sind diese Methoden, ihre Zielsetzungen und ihre Vor- und Nachteile beschrieben.

Das Ziel der *Vermessungen* ist es, einerseits den aktuellen Verlauf der Lützelermurg zu erfassen und andererseits den *Betrag der Veränderungen* zu bestimmen. Darin liegt auch der Vorteil der Methode: vergleichbare Resultate. Der grösste Nachteil ist der relativ grosse Aufwand, der nötig ist, um eine Vermessung durchzuführen. Zudem täuschen die Resultate eine Genauigkeit vor, die gar nicht erreicht werden kann! Weiter fehlt noch immer eine Definition des Begriffes «Ufer». Auch ich verzichte an dieser Stelle auf eine solche; dies vor allem, weil in Kreisen des Wasserbaus die Erfahrung gezeigt hat, dass eine Definition nicht nötig ist, da sich die meisten Menschen intuitiv dasselbe unter dem Begriff «Ufer» vorstellen. Deshalb dürfen die aufgenommenen Uferlinien direkt miteinander verglichen werden.

An vielen direkt angeströmten und damit erosionsgefährdeten Stellen besteht kein Querprofil und damit auch keine quantitative Aufnahme. Ich habe deshalb an ausgewählten Punkten *Fixpunkte*, das heisst 1,5 m lange Armierungseisen, gesteckt. Die Veränderungen sollten mittels Fotovergleich fest-

		QUANTITATIVE DATEN	QUALITATIVE DATEN
42 Jahre 1947 - 1989	VERMESSUNG Grundriss		
2 Jahre Nov 87 - Okt 89	VERMESSUNG Grundriss, 32 Querprofile 1 Längsprofil		
1 Beobachtungsjahr Okt 88 - Sept 89	VERMESSUNG Ausschnitt der Uferlinie 5 Querprofile	FIXPUNKTE 17 Armierungseisen, an gefährdeten Stellen gesetzt	FOTOS flächendeckend von verschiedenen Zeitpunkten
			KARTIERUNG Strömung, gefährdete Stellen, Strömungshindernisse Hochwasser-Marken

Abb. 2: Methoden, um die Veränderungen der Lützelurg aufzuzeigen. Zu Beginn der Diplomarbeit (1988) bestand ein Plan von 1947 und einer von 1987. Zudem standen mir einige Fotos von März 1987 zu Verfügung. Während des Beobachtungsjahres zeichnete ich die laufenden Veränderungen monatlich auf. Dazu benutzte ich die 4 aufgezeigten Methoden, welche sowohl selbständig sind, als sich auch gegenseitig ergänzen.

gestellt werden. Der Vorteil ist der geringe Aufwand, um quantitative Daten erhalten zu können.

Die *Fotos* haben den Vorteil, dass auch vorerst unbeachtete Details mit aufgenommen werden, die zu einem späteren Zeitpunkt wichtig werden können. Dazu müssen die Aufnahmen allerdings möglichst flächendeckend und möglichst zu Beginn der Beobachtungsperiode gemacht werden. Fotos liefern sehr anschauliches und beliebtes Datenmaterial. Für die Erstellung eines Vergleichsfotos mit dem «Vorher-Nachher-Effekt» ist allerdings viel Erfahrung nötig.

Mit den monatlichen *Kartierungen* verfolge ich das Ziel, die Veränderungen der Strömung und die Strömungshindernisse zu erfassen. Zusammen mit den anderen kartierten Parametern suche ich die Gründe für die Veränderungen zu finden. Diese anderen Parameter sind Form, Lage und Vegetationsbedeckung der Kiesbänke, Hochwasser-Marken und besondere Beobachtungen. Zu den Vorteilen der Methode gehört, dass sie sehr flexibel ist. Leider war die vorhandene Plangrundlage zu grob und, obwohl erst ein Jahr alt, bereits veraltet. Ausserdem ist die Auswahl der ergänzenden Bemerkungen subjektiv.

4. Auswertungen

Bei der Auswertung der gesammelten Daten bildete ich eine *Synthese aus allen Aufnahme-Methoden*. Räumlich teilte ich das Arbeitsgebiet in 10 Detailpläne (Massstab je 1:666) auf, in die die verschiedenen Zustände gezeichnet wurden. Da die monatlichen Veränderungen nur gering sind, habe ich sie im Text beschrieben und nur die wichtigsten Zustände im Detailplan dargestellt. Diese wichtigen Zustände sind 1947, 1987 und 1989. Je nach Notwendigkeit wurde noch ein weiterer Zustand, 1988, eingefügt.

Abbildung 3 zeigt ein Beispiel eines Detailplanes mit einem zugehörigen Querprofil. Der Verlauf der Uferlinien von 1947 und 1987 deutet die Veränderungen zum heutigen Zustand (1989) an. Seit 1947 betragen die Veränderungen in diesem Abschnitt maximal 13 m. Da die vertikalen Fehler bei der Aufnahme sehr gross sind (+ / - 10 cm) mussten bei den Querprofilen die Veränderungen und ihre Plausibilität einzeln beurteilt werden.

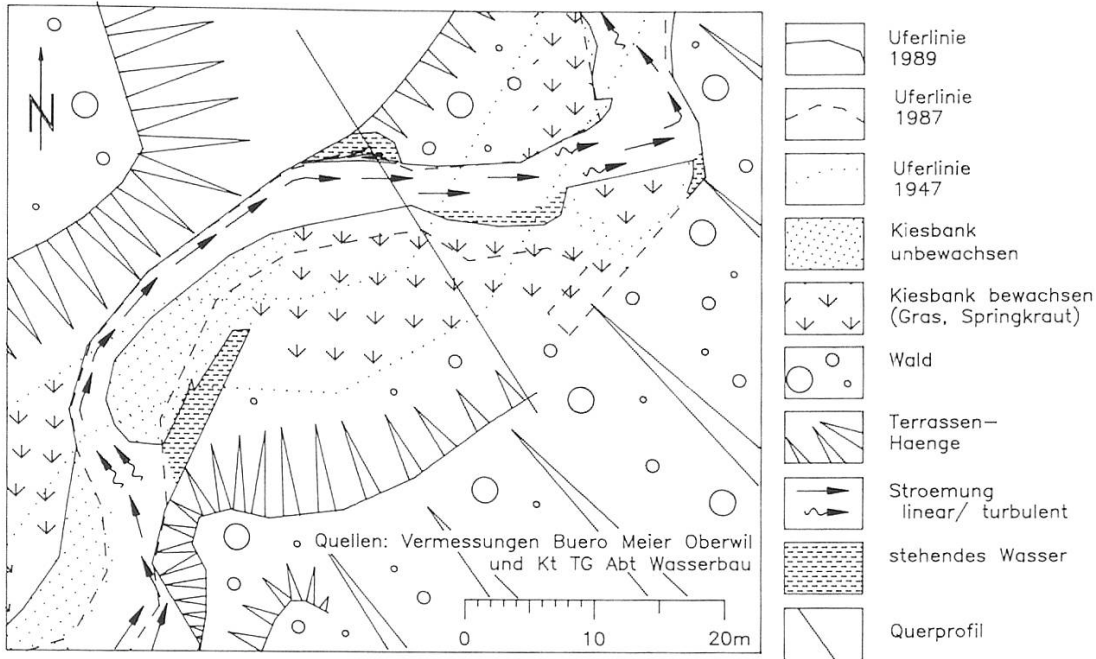
5. Resultate

Die Veränderungen, die in 42 Jahren stattfanden, sind in Abbildung 4 dargestellt. Alle Gebiete, die erodiert wurden und heute noch zum Flusslauf gehören, sind mit Erosion bezeichnet. Die Gebiete, die verlandet sind, sind als Akkumulation bezeichnet. Dazu gehören auch die Gebiete, die zuerst erodiert wurden, und dann wieder verlandet sind.

Abb. 4 zeigt, dass sich *die Veränderungen seit 1947 die Waage halten: Flächenmässig wurde ebenso viel erodiert wie akkumuliert*. Davon ausgenommen ist das Gebiet des ehemaligen Weihers: Der Weiher wurde fast vollständig aufgefüllt.

Es zeigt sich auch, dass die Seitenerosion dort am grössten ist, wo der Fluss keine Möglichkeit zum seitlichen Ausufernd hat. Dies ist im oberen Teil des Arbeitsgebietes der Fall, wo die Terrassenhänge den Fluss einengen. *Die Sei-*

Flussufer 1947, 1987 und 1989



Querprofil

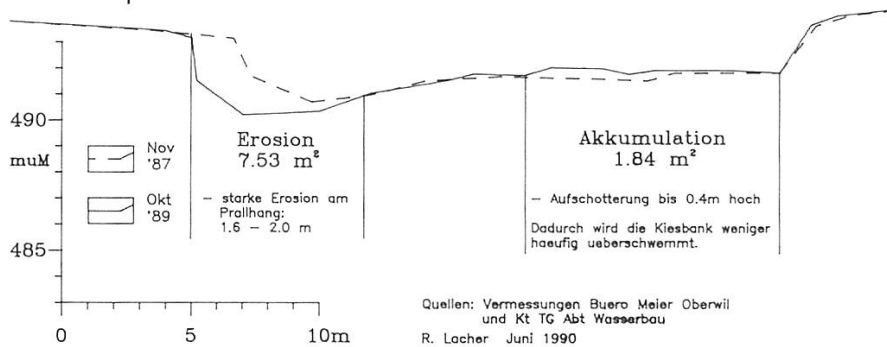


Abb. 3: Beispiel eines Detailplanes mit einem zugehörigen Querprofil. Die Lage des Planes im Arbeitsgebiet ist in Abb. 1 dargestellt. Die dargestellte Strömung und die Vegetation zeigen den Zustand von 1989.

tenerosion beträgt im oberen Teil maximal 17 m. Im unteren Teil, wo der Fluss die Möglichkeit zum Ausufernd hat, sind die Beträge der Seitenerosion wesentlich geringer.

Allgemein scheint der Fluss die Tendenz zu haben, die Wellenlänge und den Radius der Mäander zu verkleinern. Im unteren Teil wurden «Zwischenmäander» angelegt. Nach der Theorie der Mäandergeometrie (THORNES, 1979) sind der Radius und die Wellenlänge unter anderem von der Abflussmenge abhängig. Bei kleiner Abflussmenge sind auch Radius und Wellenlänge klein. Bei der Lützelburg könnte also die Abflussmenge heute kleiner sein als vor 42 Jahren. Falls die Vermutung, dass eine Veränderung im Wasserhaushalt stattfand, zutrifft, wurde sie wahrscheinlich durch menschliche Aktivitäten hervorgerufen.

Aus der Höhe der Wallmoränen über dem Niveau des Flusses habe ich eine mittlere Geschwindigkeit für die Tiefenerosion seit der letzten Eiszeit berechnet. Unter der Annahme, dass die Moränenwälle 18 000 Jahre alt sind und dass der Fluss seither sein Bett eingetieft hat, ergibt sich eine Tiefenerosion von maximal 2,5 mm/Jahr.

VERÄNDERUNGEN DER LÜTZELMURG IN 42 JAHREN

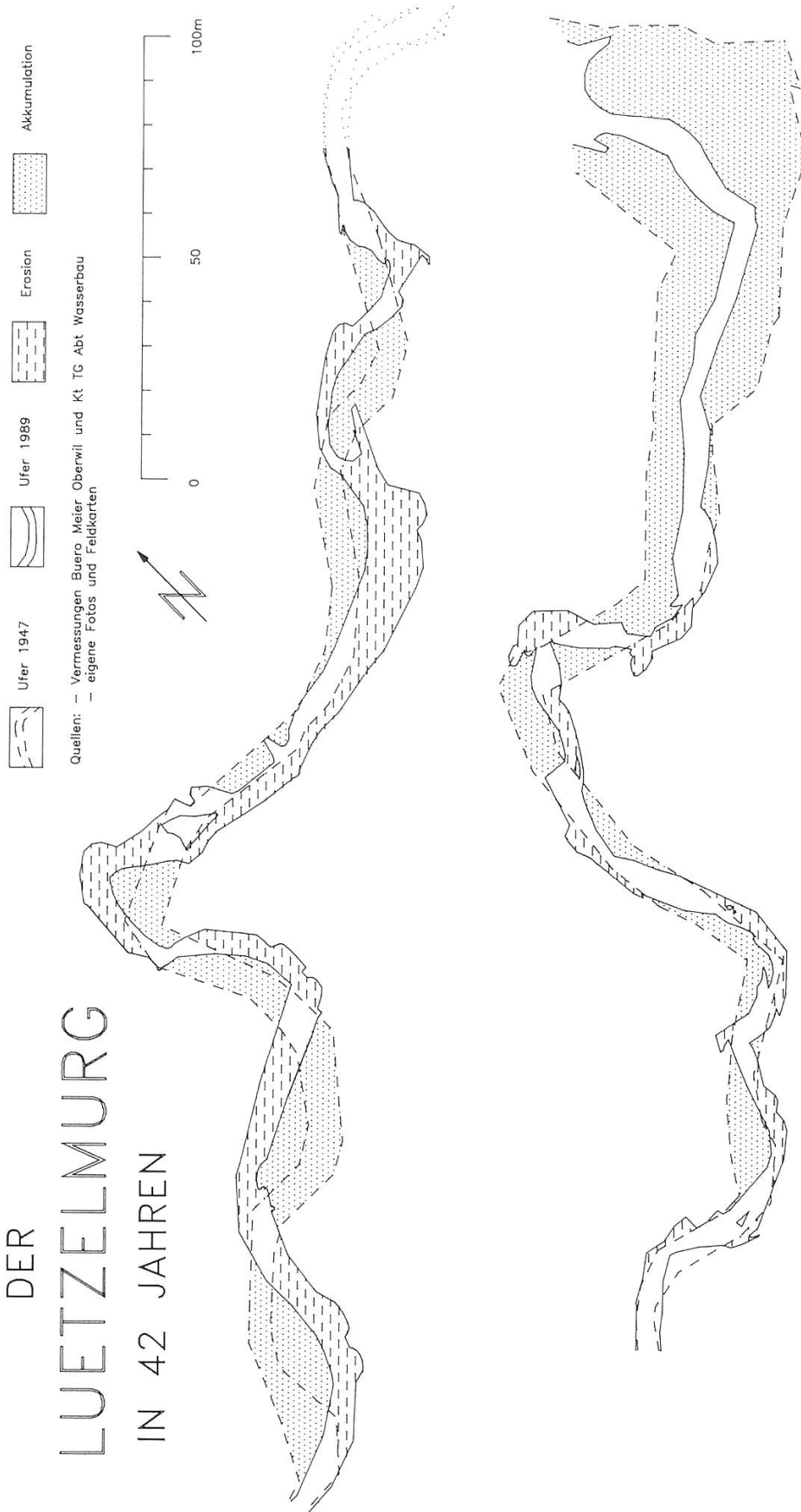


Abb. 4: Veränderungen am Lauf der Lützelmurg in 42 Jahren. Die Seitenerosion ist im Oberen Teil am grössten und beträgt bis zu 17 m. Die Wellenlänge und der Radius der Mäander sind heute kleiner als 1947.

Eine mengenmässige Bestimmung der Erosionsbeträge ist nicht durchführbar, da die Datengrundlage ungenügend ist. Die Anzahl der Querprofile ist dafür zu klein.

Von 1987 bis 1989 verlandeten an mehreren Stellen grössere Gebiete. An zwei Stellen wurde der Prallhang stark erodiert.

Während dem *Beobachtungsjahr*, vom 1. Oktober 1988 bis zum 30. September 1989, waren die Veränderungen gering. Es zeigte sich deutlich, dass die grossen Veränderungen schubweise, während den Hochwassern verlaufen. So stürzten während des Hochwassers vom 6. Dezember 1988 drei Bäume. Zwei davon liegen seither parallel zum Ufer und schützen dieses nun vor Erosion. Diese absolut natürliche «Verbauungsart», die übrigens früher häufig angewandt wurde, geht sogar soweit, dass ein Teil des nun geschützten Ufers verlandete und auf der Gegenseite eine Seitenerosion stattfand. Während des gleichen Hochwassers wurde ein Wurzelstock, der vorher mitten in der Strömung lag und diese so ablenkte, dass die seitlichen Ufer erodiert wurden, weiter transportiert. Dadurch konnten die vorher entstandenen Kolke wieder verlanden.

Die Veränderungen, die bei niedrigem Wasserstand vor sich gehen, sind ganz anderer Art: Einerseits verlanden Stellen mit stehendem Wasser langsam, und andererseits kann der teilweise anstehende Lehm ausbrechen, da im trockenen Zustand die Kohäsion kleiner ist und er damit leichter erodiert werden kann.

Seit dem 1. Oktober 1989 betreibt das Kantonale Amt für Umweltschutz und Wasserwirtschaft eine Abflussmessstelle bei der Kläranlage Aadorf.

6. Prognose

Aus den gefundenen Veränderungen versuchte ich, eine Prognose für die weitere Entwicklung des Arbeitsgebietes zu stellen.

Dazu brauchte ich als erstes eine Aussage darüber, ob die beiden Jahre, über die ich die genauesten Daten der Veränderungen hatte, normale, das heisst repräsentative Jahre darstellen. Die wichtigsten Grössen, die den Betrag der Veränderungen beeinflussen, sind die Vegetation, die Geologie und der Abfluss. Die Geologie bleibt unverändert. Die Vegetation ist vor allem jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen, wobei die einzelnen Jahre ungefähr denselben Bewuchs aufweisen. Eine Ausnahme dazu bildet das extrem starke Aufkommen des hohen asiatischen Springkrautes, das vor allem auf den Kiesbänken wuchert. Ob dieses Aufkommen die Erosion der Kiesbänke fördert, weil die einheimischen Pflanzen mit dichteren Wurzeln nun verdrängt werden, oder ob die Erosion durch die grosse Masse an Stengeln gehemmt werden kann, kann ich nicht bestimmen. Als letzte Grösse bleibt also der Abfluss. Die Messreihe der Lützelburg ist allerdings erst ein Jahr lang und deshalb nicht geeignet für eine Aussage über die beiden Jahre 1987 – 1989 verglichen mit einem langjährigen Mittel. Ich griff deshalb zurück auf die Niederschlagsmessreihen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt (SMA), die in Aadorf eine Messstation betreibt. Aus diesen Daten leitete ich ab, dass das hydrologische Jahr 1987/1988 (1. Oktober 1987 bis 30. September 1988) einen recht feuchten Frühling hatte, ansonsten aber normal (das heisst innerhalb der Grenzen, die 50% aller Messwerte beinhalten) verlief. Das hydrologische Jahr 1988/1989 weist 2 trockene Monate

auf, die jedoch durch die Niederschläge der restlichen Monate kompensiert wurden, so dass die Jahressumme wiederum «normal» ausfiel. Damit durfte ich annehmen, dass *die beiden Jahre 1987–1989 als Ganzes als repräsentativ gelten*.

Die Entwicklungsprognosen bauen darauf auf, dass das Wehr Lutz langfristig bestehen bleibt.

- Kurz- bis mittelfristig werden die Veränderungen in ähnlichen Ausmassen weitergehen. Dies bedeutet, dass im oberen Teil die Talterrassen weiterhin erodiert werden und dass dieses Gebiet sogar völlig umgestaltet werden könnte.
- Langfristig wird sich der Einfluss der lokalen Erosionsbasis (= das Wehr) auch auf den oberen Teil beruhigend auswirken.

Die erosionsgefährdeten Gebiete sind die beiden Rutschgebiete im unteren Teil und alle Terrassen im oberen Teil.

7. Literaturverzeichnis

AMT FÜR UMWELTSCHUTZ UND WASSERWIRTSCHAFT DES KANTONS THURGAU (Hsg), 1988: Korrektur der Lützelalm (Wehr Lutz - Kt. Grenze), Situationsplan 1:1000.

HANTKE, R. et al, 1967: Geologische Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete, 1:50 000, mit Erklärungen, Vjschr. Natf. Ges. Zürich, 112/2.

Von MOOS, 1967: Geotechnisches Büro, Bericht Nr. 780/2, mit geologischer Karte Aadorfer Feld bis Oberes Eulachtal, 1:10 000, unveröffentlicht.

LACHER, R., 1990: Veränderungen am Lauf der Lützelalm unterhalb Aadorf (TG) von 1947 bis 1989, Diplomarbeit Geographisches Institut der Universität Zürich, 133 S.

SCHINDLER, C., 1978: Glaziale Stauchungen in den Niederterrassen-Schottern des Aadorfer Feldes und ihre Deutung, *Eclogae geol. Helv.* Vol 71/1, 159–174.

THORNES, J., 1979; *River Channels, Aspects of Geography Series*, Macmillan Education LTD, 46 S.

UTTINGER, H., 1966: Niederschlag, Beiheft zu den *Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt, Klimatologie der Schweiz*, Heft 6/E.

Adresse der Verfasserin:

Regula Lacher, Staffelackerstrasse 3, CH-8953 Dietikon