

HINWEISE

Bitte immer auf dem **eigenen Laufwerk** arbeiten – keine Änderung der Daten auf dem Austausch-Netzlaufwerk.

Jede Aufgabe in einem eigenen R-Skript bearbeiten; erste Zeilen bitte nach folgendem Muster:

```
# R_in_Hydro_Aufgabe_2 - Extremstat - Berry Boessenkool- Jun 2012
```

```
# berry-b@gmx.de Arbeitszeit zur Lösung ca 5 h
```

Auch Feedback und Kritik zu den Aufgaben ist gut am Skript-Anfang unterzubringen.

Nummeriere bitte die Teilaufgaben durch, und trenne sie visuell ab, z.B. mit # ----- dahinter.

Die Abgabe der Lösungen erfolgt bitte in einer einzelnen Email. Bitte beachte dabei den Header und füge gerne Feedback ein. Ich gebe dann später Hinweise zu deinem Lösungsweg und hänge mein Skript mit an. Wenn du direkt meine Lösung ohne Korrektur deiner Abgabe möchtest, kannst du das gerne in der Email angeben.

Dokumentiere so viel wie nur geht – du wirst dir für die Angewohnheit später danken! # *ist echt so!*

Ziel des Seminars ist es nicht, möglichst viele Aufgaben zu lösen, sondern bei jeder Aufgabe möglichst viel zu lernen. Lasst euch also Zeit, habt Spaß dabei, schaut auch mal kritisch auf das, was andere (ich) machen.

Bitte keine der Kursdaten weitergeben, auch wenn sie weitestgehend nicht mehr zurückzuverfolgen sind!
Die Nutzung der Daten in den meisten Aufgaben obliegt dieser Bedingung!

1. Zeitreihe

Darstellung Zeitreihe

Erstelle einen „Film“ der Zeitreihe täglicher Abflusswerte (Daten Teilmenge der Zeitreihe aus Aufgabe 2) im Standard-graphics-device. TIPPS: **As.Date, while, Anzahl Tage/Bild und Verschiebung festlegen, windows(record=TRUE)**. BONUS: Erstelle mit dem Paket „animation“ und der externen Software FFmpeg einen echten Film im .mp4-Format.

2. Extremstat

Extremwertstatistik mit Jahresmaxima

2.1 Ermittle die Jahresmaxima der täglichen Abflussdaten nach hydrologischem Jahr und plote sie. (Daten + Teile der Fragestellung Bruno Merz, B.GÖ Georisiken). Speichere die Jahresmaxima in einer eigenen Textdatei. TIPPS: **format, apply**. BONUS: analysiere, ob es einen zeitlichen Trend gibt (TIPP: **movav in BerryFunctions**).

2.2 Stelle die langjährigen mittleren Monatsabflüsse graphisch dar (analog dem Pardé-Koeffizienten).

2.3 Errechne die Jährlichkeiten der einzelnen Jahresmaxima mittels der Überschreitungswahrscheinlichkeit. TIPPS: **Aufsteigend sortieren (order), dann $T_s = 1/P_u = 1/(1-P_u) = 1/(1-(Rang/N+1))$** . Plote Abflussmaxima über Jährlichkeit. BONUS: Welche andere Formeln zur Bestimmung der plotting Positions gibt es, und wann werden welche Verfahren verwendet?

2.4 Veranschauliche das kontraintuitive Belegen der Jährlichkeit mit einem Plot der aufsteigend sortierten Abflusswerte. TIPP: **sort**.

2.5 Passe einige geeignete Momenten-basierte Verteilungen (Normal, Gamma, Gumbel) an HQ / T_s an (Extremwertstatistik. Siehe IWK Anhang B und HW_Wahrsch Seite 4). Füge die Verteilungen in die Graphik mit ein. TIPPS: **pnorm, pgamma etc im Paket evd**. BONUS: Passe Verteilungen nach der Maximum Likelihood Methode an. TIPP: **fitdistr in MASS**

2.6 Gib die Parameter der Extremwertverteilungen an. Berechne die Abflüsse nach den verschiedenen Verteilungen für die Wiederkehrintervalle 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000 Jahren. TIPPS: **qnorm, qgumbel**

3. Normalverteilung

Graphik mit zweiter Achse

Plote die Kurven einer Normalverteilung mit $sd=5$ (Dichtefunktion und kumulative Wahrscheinlichkeitsfunktion) in einem Fenster mit Labels auf der zweiten Y-Achse. TIPPS: **pnorm, dnorm, lines, axis, mtext, par(new=T), col.axis**.

4. Shapefiles

Shapefiles in R einladen und bearbeiten, farbig darstellen, Teilelemente indizieren

TIPPS: [readShapeSpatial](#) in [maptools](#), [View](#), [shapezoom](#) in [BerryFunctions](#).

4.1 Erstelle eine Karte mit der Niederschlagsverteilung in Brandenburg (z.B. rote Farben für trockene Regionen, gelbe für Mittel und grüne für niederschlagsreiche Gebiete). Verwende einmal einen linearen und einmal einen kategorialen Farbverlauf. Schreibe in die Polygone hinein, welcher Wert jeweils zugrunde liegt. TIPPS: [plot](#), [rainbow](#) + [lm](#) (Analog zu [colpoints](#)), [gCentroid](#) in [rgeos](#) oder [coordinates](#) in [sp](#) (von [maptools](#) mitgeladen).

4.2 Stelle die Abstände zum jeweilig nächsten Polygonmittelpunkt als Histogramm dar und interpretiere das Ergebnis. Wie gut korrelieren Abstände mit der Größe der Polygone? TIPPS: [distance](#) in [BerryFunctions](#), [cor](#), [summary\(lm\(\)\)](#).

4.3 Wie kannst du auf die Kenngrößen einzelner Polygone zugreifen? TIPP: erst mit [\[\[n\]\]](#) auf eine Liste indizieren, dann mit [@char](#) auf den slot. Interpretiere die Ausgabe von `str` (shapefileobjekt[1,]). Ermittle die Fläche der Polygone (TIPP: [sapply](#)) und vergleiche sie mit den ArcGIS-Berechnungen in der Attributtabelle. Wie viele Löcher (holes) besitzt jedes Polygon, was ist deren Gesamtfläche? Worin unterscheidet sich das 88. Element vom ersten? Welche Funktion in [rgeos](#) berechnet die Fläche unter Berücksichtigung der Holes? Vergleiche dessen Ergebnis mit der ArcGIS-Berechnung.

4.4 Lade ein Shapefile der Wahlkreise in Deutschland herunter. Leite daraus die Bundesländer ab. Erstelle ein Shapefile, das nur Brandenburg erhält, und eins, das nach Bundesländern dissolved ist. TIPPS: [SHP\[Kriterium, \]](#), [gUnaryUnion](#) in [rgeos](#). BONUS: Konvertiere das Ergebnis zum [SpatialPolygonsDataFrame](#) und speichere das als neues Shapefile auf Disc. Tipp: [writeSpatialShape](#).

http://www.bundeswahlleiter.de/de/bundestagswahlen/BTW_BUND_09/wahlkreiseinteilung/kartographische_darstellung.html

Datenquelle 4.1 - 4.3: langjährige Mittel des Niederschlages in Brandenburg (Thiessenpolygone) aus ESRI-Shapefile vom LUA:

www.mugv.brandenburg.de - Veröffentlichungen - Geoinformationen - Wasser - Wasserhaushalt-Shapefile (Im ArcGIS 9.3 mittels Dissolve nach P1 mit Multipart aus auf den Niederschlag reduziert)

5. Geostatistik

Geostatistik (Kriging) mit Niederschlagswerten vom LUA

Das langjährige Mittel des Niederschlages in Brandenburg ist in Aufgabe 4.1 als Thiessenpolygone gezeigt, dabei gibt es "scharfe Übergänge. Diese bleiben auch in der Abflussberechnung erhalten." Daher mit den Ausgangspunkten der Polygone (im Datenordner) Geostatistik betreiben, also mit Information über die räumliche Beziehung der Werte zueinander interpolieren (Kriging). Lesetipp: <http://en.wikipedia.org/wiki/Kriging>

5.1 Lade die beiden Shapefiles. Evtl.: Leite daraus ein [geodata](#)-Objekt ab. TIPPS: [as.geodata](#) in [geor](#). ACHTUNG: die X-Koordinaten haben eine führende 3!

5.2 Wie sind die Abstände der Punkte zueinander verteilt? TIPPS: [distance](#) in [BerryFunctions](#), [hist](#).

5.3 Erstelle ein empirisches Semivariogramm und passe die Kovarianzparameter an. TIPPS: [variog](#), [variofit](#).

5.4 Erzeuge ein Gitter mit geeigneter Auflösung (berücksichtige das Ergebnis aus 5.2), auf dessen Punkte die umliegenden Werte mit der Gewichtung entsprechend des Semivariogramms interpoliert werden sollen. TIPPS: [seq](#), [exand.grid](#).

5.5 Führe das Kriging durch. TIPPS: [krige.control](#), [krige.conv](#).

5.6 Stelle das Gitter in einem 2D-Plot mittels farblicher Kodierung dar. Zeichne evtl. die ursprünglich verwendeten Punkte mit ein. TIPPS: [image](#), [colpoints](#) in [BerryFunctions](#). BONUS: Vergleiche mit der Karte aus 4.1

5.7 Stelle die Daten so dar, dass nur Brandenburg (oder der Bereich der Punkte, Tipp: [chull](#)) sichtbar ist (BRB: 4.4).

5.8 Stelle das Ergebnis aus 5.5 3D dar. TIPPS: [open3d](#), [plot3d](#) / [shade3d](#) / [wire3d](#) in [rgl](#), [persp](#).

6. Intensitäten

Auswertung Tipping-Bucket-Niederschlagsmessungen

6.1 Ermittle die maximale 10-minütige Niederschlagsintensität.

Bedenke, dass es problematisch ist, 10-Minuten-Intervalle entlang der Uhrzeit zu betrachten, das könnte eine starke Unterschätzung sein (wenn ein großes Ereignis z.B. um 6 nach 11 anfängt und bis 11:15 geht. Die Zeiträume 11:00-11:10 sowie 11:10 bis 11:20 würden je einen halb so niedrigeren Wert liefern, wie das Ereignis eigentlich darstellt.) ACHTUNG: Spalte 3 hat Tausender-Trennzeichen! TIPPS: [strptime](#), [gsub](#), [Zeit](#) in [Sekunden](#) ab [Beginn](#) rechnet schneller als [Datumsabfrage](#).

6.2 Ermittle die Intensität einzelner Niederschlagsereignisse. Welche Dauer hat das längste Ereignis? Vergleiche die Saisonalität der hohen Intensitäten und der hohen Niederschlagsmengen pro Ereignis.

TIPPS: [which\(diff\(datum\) > trenn*60\)](#), [Paket hydromad](#) .

7. Grundwasser

Aquifereigenschaften aus Grundwasserabsenkung am Brunnen ermitteln, Schutzzone abschätzen

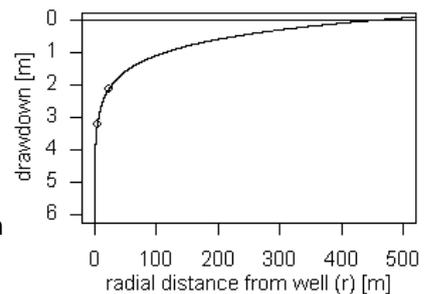
Eine Verweildauer des Grundwassers im Untergrund von 40 bis 60 Tagen reicht aus, damit pathogene Keime (z.B. krankheitserzeugende Bakterien) absterben bzw. Schadstoffe mikrobiell abgebaut werden. Deshalb wird zur Bemessung der Zone II (engere Schutzzone um Trinkwasserbrunnen) die 50-Tage Linie verwendet – die Strecke, die das Grundwasser in 50 Tagen zurücklegt. (sinngemäß aus Hölting + Coldewey (2008): Einführung in die Hydrogeologie, 7. Auflage, S. 300). Ein weiterer Lesetipp: http://en.wikipedia.org/wiki/Aquifer_test
100 m nördlich eines Trinkwasserbrunnens wurde versehentlich unbehandeltes Abwasser auf eine Ackerfläche ausgebracht. Für den Grundwasserbrunnen stehen Pumpdaten zur Auswertung zur Verfügung. (Diese stammen aus einer Übung von Carlos Rivera im M.GÖ-Modul Umwelthydrologie am 13.6.2012).

Die Aquiferparametrisierung kann mit der Thiem-Gleichung (Steady-state radial flow to a pumping well) erfolgen:

$h_1 - h_2 = \frac{Q}{2 \pi T} * \ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right)$	r_i	Radiale Abstände vom Förderbrunnen [m]	$T = k_f * D$	Transmissivität
	h_i	Head: Pegelhöhen der Grundwasseroberfläche [m üNN]	k_f	Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]
	Q	Pumprate [1.28 m ³ /min]	D	Dicke der Wasserschicht [40 m]

Bei einer konstanten Pumprate wurden an zwei Beobachtungspiegeln folgende Werte gemessen:

Pegel	Entfernung r vom Brunnen	head (GW-Stand)	Absenkung
1	5.3 m	9.8 m üNN	3.2 m
2	24.3 m	10.9 m üNN	2.1 m



7.1 Ermittle die hydraulische Leitfähigkeit k_f und die Transmissivität in sinnvollen Einheiten.

7.2 Passe eine logarithmische Kurve an die Absenkung an beiden Punkten an (bei logarithmierter x-Achse ergibt sich eine Gerade).

TIPPS: **lm**, **coef**, **log10**. Plote die beiden Punkte und die QMA-Anpassung als **Grundwasserabsenkung** linear und logarithmiert. TIPPS: **y_{lim}=c(6,0)**, **log="x"**

7.3 Ermittle damit die Distanz, ab der die Absenkung null ist (Grundwasserpegel vom Brunnen unbeeinflusst).

7.4 Schätze mit der Thiem-Gleichung die Höhe des Grundwasserstandes am Brunnen.

TIPP: **h1 am Brunnen bei r1=0.25 m, h2 und r2 jeweils aus den Messwerten**

Folgende Formel beschreibt den Grundwasserstand im Absenkungstrichter um den Brunnen herum (Todd, 1964):

$h = h_{Br} + (h_M - h_{Br}) * \frac{\ln\left(\frac{r}{r_{Br}}\right)}{\ln\left(\frac{r_M}{r_{Br}}\right)}$	h	Head: Pegelhöhe der abgesenkten Grundwasseroberfläche [m üNN]	r	Radialer Abstand vom Förderbrunnen [m]
	h_{Br}	Head am Brunnen [m üNN]	r_{Br}	Brunnenradius [0.25 m]
	h_M	Höhe der nicht mehr abgesenkten (originalen) Grundwasser-oberfläche [13 m üNN]	r_M	Reichweite der Absenkung [m]

Mit folgender Formel lässt sich iterativ der Radius der 50-Tage-Linie in einem homogenen Untergrund berechnen:

$r_{50} = \frac{k_f}{n_p} * i * t_{50}$	r_{50}	Radius der 50-Tage-Linie [m]	i	hydraulisches Gefälle $i = \frac{h - h_{Br}}{r - r_{Br}}$
	k_f	Durchlässigkeitsbeiwert [m/d]		
	n_p	Hohlraumanteil, Porosität [30%]	t_{50}	Zeit [50 d]

7.5 Erstelle eine Funktion für die Todd-Gleichung mit r als Input, die den head als Output gibt. Stelle den Absenkungstrichter graphisch dar. BONUS: Vergleiche das mit einer logarithmischen Regression der Pegel-heads.

TIPPS: **function**, **log**

7.6 Bestimme iterativ die 50-Tage-Distanz. Nimm irgendeinen beliebigen realistischen Startwert.

Schreibe das Ergebnis nach jedem Schritt in einen Vektor und stelle den am Ende graphisch dar. Was stellst du fest? Muss der Brunnen aufgrund der eingangs beschriebenen Kontamination abgestellt werden? TIPP: **for**.

BONUS: Definiere und verwende ein Abbruchkriterium für die Iterationsschritte. Mach eine Sensitivitätsanalyse.

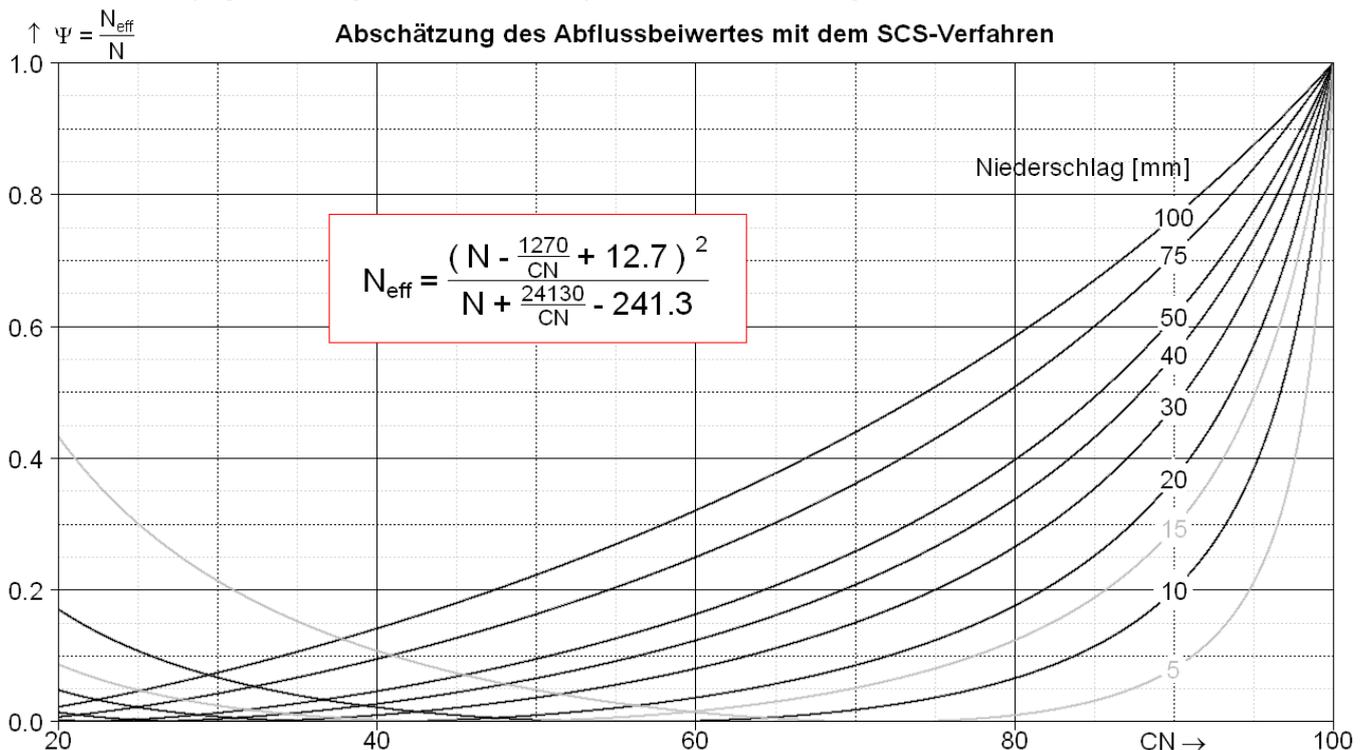
7.7 Was ist bei dieser Anwendung des Verfahrens kritisch zu betrachten?

8. Formel

Komplexe Graphik mit Formeln und Symbolen

Erstelle eine solche Graphik. Die CurveNumber (CN) wird im SCS-Verfahren zu Abschätzung des Abflussanteils am Niederschlag verwendet. Die Formel stammt aus dem Hydro-Skript von Axel Bronstert.

TIPPS: `function`, `png`, `dev.off`, `grid`, `text`, `mtext`, `expression` (siehe Anhang Rclick).



9. Abflussbeiwert

Abflussbeiwert nach verschiedenen Ansätzen ermitteln

9.1 Ermittle den Effektivniederschlag des Ereignisses mit folgendem Niederschlagsverlauf: 12,20,6,3,10 mm
- nach der Methode des konstanten Anteils (Abflussbeiwert Psi)

Abflussbeiwert: Anteil des Niederschlages in einem Ereignis, das zum Direktabfluss beiträgt:

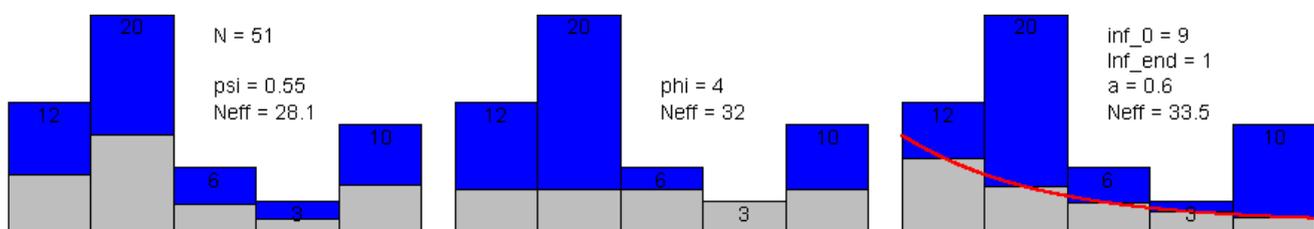
$$\psi = \frac{N_{eff}}{N} = \frac{N-R}{N} = \frac{\text{Volumen } Q_D}{\text{Volumen } N} = \frac{Q_D \cdot t}{N \cdot A} \quad N_{eff} + R = N \quad (\text{Effektivniederschlag} + \text{Rückhalt} = \text{Niederschlag})$$

- nach der Methode des konstanten Verlusts (Phi-Verfahren)

- und mit exponentiell abnehmendem Rückhalt (Horton-Infiltration).

Erstelle eine vergleichende Graphik unter Verwendung von $\psi=0.55$; $\phi=4$; $\text{inf}_0=9$; $\text{inf}_{end}=1$; $a=0.6$.

TIPPS: `m_psi <- matrix(c((1-psi)*rain, psi*rain), ncol=5, byrow=T) ; barplot(m_psi, space=0, col=c(8,4), axes=F)`



- Infiltration nach Horton: $INF = (INF_0 - INF_{end}) * e^{-at} + INF_{end}$

Parameter	Ton (Wikipedia)	Grasboden (Wikipedia)	Übungsaufgabe
INF_0	210 mm/h	900 mm/h	10 mm/h
INF_{end} (gesättigt)	2 mm/h	290 mm/h	3 mm/h
a	0.8/min	2/min	0.03/min

9.2 Ermittle aus den echten Niederschlags-Abfluss-Daten den Abflussbeiwert einzelner Ereignisse (origr.

Einzugsgebiet: 111.2 km²). Stelle die Zeitreihe von Niederschlag und Abfluss zusammen dar. Was fällt dir auf?

Woran könnte das liegen? Noch keine Erlaubnis für Datenverwendung ...

10. Sonne

Jahresverlauf von Sonnenauf- und -untergangszeit graphisch darstellen

Downloade hier den Jahresverlauf von Sonnenauf- und -untergangszeit für deinen Wohnort:

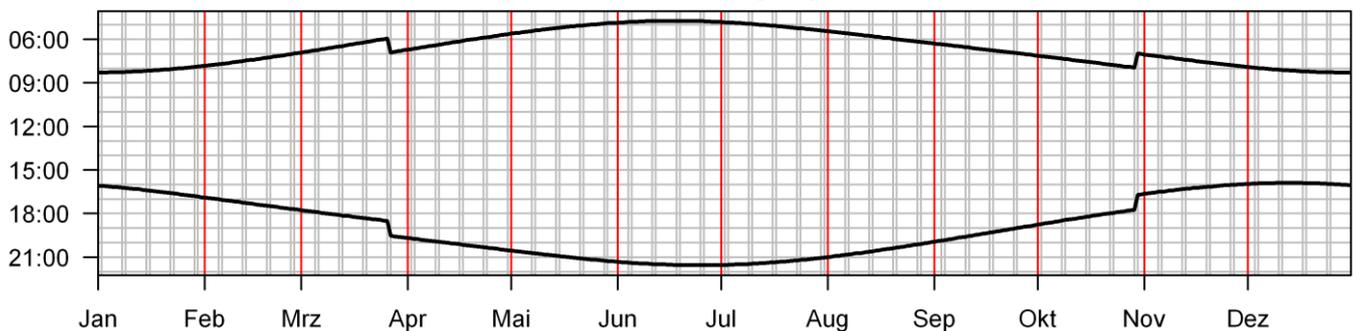
<http://galupki.de/kalender/sunmoon.php> (Ort eingeben, Jahrestabelle als csv speichern)

Stelle die Daten graphisch dar, z.B. wie folgt. Das könnte verwendet werden, um bei Verdunstungsberechnungen die potentielle Strahlung zu schätzen, oder um einen Messzeitpunkt für Tau-Untersuchungen festzulegen.

ACHTUNG: die vsc-Datei ist manchmal nicht richtig lesbar, bitte Spaltenüberschriftzugehörigkeit prüfen!

TIPPS: `read.csv`, `read.csv2`, `png`, `dev.off`, `as.Date`, `strptime`, `as.POSIXct`, `format`, `seq(by="month")`, `paste`, `lines`, `box`

Sonnenauf- und Untergang Golm, 2011



11. Tracer

Durchfluss eines Gewässers aus Salztracermessungen errechnen

Leite folgende Formel her. Lesetipp: <http://de.wikipedia.org/wiki/Tracerverfahren>

$Q = \frac{(C_T - C_0) * V_T}{\sum((C - C_0) * \Delta t)}$	C_T	Konzentration der zugeführten Tracerlösung
	C_0	Hintergrundkonzentration des Gewässers
	V_T	Volumen der Tracerlösung
	C	Zeitlicher Verlauf der Konzentration im Gewässer
	Δt	Zeitschritte der Konzentrationsmessung

11.1 Werte die Leitfähigkeitsmessungen aus Salztracermessungen (einmalige Zugabe) aus: Stelle den Konzentrationsverlauf dar und bestimme den Durchfluss der einzelnen Messungen. ACHTUNG: die Zeitreihen sind nicht äquidistant! Die Daten stammen aus dem Landschaftspraktikum 2011 in den Alpen (M.GÖ, unter Anleitung von Christoph Kormann), sowie aus späteren Messkampagnen. Einige Bilder des EZG sowie ein Video der Messung sind im Datenordner abgelegt. Das Rinnsal im Video ist Messung Nummer 7. TIPPS: `function`, `sum`, `diff`, `windows(record=T)`; `for`, `main=paste()`.

Tracer_Meta.txt:	V=Volumen der zugegebenen Tracerlösung [L]; C1=Ausgangsleitfähigkeit im Eimer [mS/cm]; ACHTUNG: Andere Einheit! C0=Hintergrundkonzentration des Gewässers [µSiemens/cm]
Tracer1.txt:	Spalte1= Zeit nach Beginn der Messung [s] (NICHT äquidistant) Spalte2= Leitfähigkeit [µS/cm] als Indikator für die Salzkonzentration

11.2 Stelle alle Konzentrationsverläufe in einem Plot dar und beschrifte es sinnvoll. Was fällt auf? TIPPS: `legend`, `text`, `paste`, `round`.

12. Messpunkte

Abstandsbeschränktes zufallsverteiltes sampling design realisieren

In ein rechteckiges Untersuchungsgebiet mit den Abmessungen 500 x 380 m, ausgehend von den Koordinaten (200,300) an der südwestlichen Ecke, sollen 60 Punkte für Messungen der gesättigten hydraulischen Leitfähigkeit (zur Abschätzung der Infiltration und des Oberflächenabflusses) zufällig verteilt werden, aber mit einem Mindestabstand von 10 m zueinander. Was sind Vor- und Nachteile dieses Sampling Designs?

12.1 Schreibe eine Funktion, die diese Aufgabe für beliebige Rechtecke erfüllt (oder verwende eine Funktion aus einem geeigneten Paket). TIPPS: `for (i in 1:n) {assign_point; r <- r+1; while(dist < mindist) {assign_new_point; r <- r+1}}; cat(r)`

12.2 Erstelle eine Graphik mit der Verteilung der Punkte und speichere die Punkte als tabstoppgetrennte Textdatei.

12.3 Lass eine weitere Funktion ermitteln, wie viele Versuche nötig waren, um die Punkte zu verteilen. Finde heraus, wie viele Versuche im Allgemeinen nötig sind. TIPP: `in der Schleife Laufbuchstabe + 1`.

12.4 BONUS: Verteile 100 Punkte im Land Brandenburg mit `mindist = 8 km` (Shapefile in Aufgabe 4).

13. Shapefiles II

Shapefiles (annähernd) wie im ArcGIS bearbeiten

Lade unter www.mugv.brandenburg.de - Veröffentlichungen - Daten - Geoinformationen - Wasser - Fließgewässer...Vorranggewässer das Linien-Shapefile herunter.

13.1 *Im Plot des Shapefiles ein Segment per Mausclick auswählen und dessen Attribut ändern.*

Schreibe eine Funktion mit als Input: ein Shapefile, die Angabe welche Spalte der Attributtabelle geändert werden soll, der Eintrag, der dort angelegt werden soll, sowie evtl weitere sinnvolle Argumente. Die Funktion lässt den Nutzer in einem bestehenden Plot des Shapefiles klicken und informiert vorher darüber (TIPPS: `cat`, `flush.console`, `locator`), markiert die nächstgelegenen Linie farbig (TIPPS: `lines`, `nearestsegment in spatstat`, `dazu ppp und as.psp`, `objekt[GIS_ID==pspobjekt$marks[nearseg]]`), fragt nach, ob das die Linie ist, dessen Attribut geändert werden soll (TIPP: `readline`), und tut das bei entsprechender Eingabe in der Konsole auch (TIPP: `levels vorher erweitern`) und entfernt das Highlighting des Segments wieder. Optional fragt sie den Nutzer nach Consoleninput, wenn die Änderung nicht im Funktionsaufruf angegeben ist.

Ändere mit der Funktion die Gewässerkategorie an einigen Stellen zu „III“ und stelle das Ergebnis farbig dar. TIPPS: Spalte ist meist ein Factor, kann direkt für col verwendet werden.

13.2 Schreibe eine ähnliche Funktion, die aber nur die Eigenschaften des nächsten Segments (oder des nächsten Polygons oder Punktes) in der Console (in einem TCLTK Fenster) zurückgibt.

Weitere Aufgaben sollen folgen, für Ideen bin ich dankbar.

BONUS: erstelle ein Paket aus den Funktionen