

- Lange Bramke ist ICP level 2 Fläche, verantwortlich Henning Meesenburg, Nordwestdeutsche FVA, Göttingen
- vielen Dank für Daten und Zusammenarbeit
- 1980 Beginn meiner Doktorarbeit (Hauhs 1985) basierend auf den Daten 1977-1979
- Lange Bramke ist ein Einzugsgebiet, kombiniert hydrologisches und forstliches Monitoring
- Theorie ist im Beitrag knapp gehalten, wir versuchen weniger Annahmen zu machen, als sonst üblich. Es wird nicht unterstellt, dass das Verhalten der Organismen vollständig auf Funktionen zurückgeführt werden kann.
- in der Beziehung zwischen unbelebter Umgebung und Organismen wird die Möglichkeit für (strategische, angepasste) Reaktionen durch Organismen erhalten.

Integriertes Monitoring: Theorie und Praxis am Beispiel der Langen Bramke (Harz)

Michael Hauhs¹ Britta Aufgebauer¹
Holger Lange²

¹Ecological Modelling, BayCEER, Dr.-Hans-Frisch-Str. 1-3, University of Bayreuth, Germany

²Norwegian Institute of Bioeconomy Research, P.O. Box 115, 1431 Ås, Norway

9. April 2019

1 Motivation

2 Schlussfolgerungen

3 References

- Thema: Wald Wasser; als Beispiel für Organismus vs. unbelebter Umwelt
- auf dieser Folie nicht in Forschung/Praxis getrennt (jeweils beides gemeint)
- beim ersten Punkt wissen wir viel über mögliches Verhalten (Lebenszyklus), schließen (aktuell/potentiell) auf Umweltbedingungen
- beim zweiten Punkt wissen wir viel über den Kontext (Kreislauf; evt. Haushalt?), schließen auf Struktur/Mechanismen innerhalb eines Kompartimentes: Ökosystem (hier Wald)

Grundhaltungen: zu Leben-Umweltbeziehungen

Forst

- Organismus - Wald (Vertreter: Leben)
- potentielles Verhalten bekannt (Ertragstafel)
- aus dem aktuellen Verhalten des Phänotyps auf die jeweilige Umwelt schließen (Standortfaktoren, Standortkarte)

Hydro

- Einzugsgebiet - Wasser (Vertreter: unbelebte Umwelt)
- Naturgesetze zum Transport, Speichern von Stoffen bekannt
- aus Mustern des Transportes (Regen, Abfluss) auf innere Mechanismen im Ökosystem schließen

- Thema: Wald Wasser; als Beispiel für Organismus vs. unbelebter Umwelt
- auf dieser Folie nicht in Forschung/Praxis getrennt (jeweils beides gemeint)
- beim ersten Punkt wissen wir viel über mögliches Verhalten (Lebenszyklus), schließen (aktuell/potentiell) auf Umweltbedingungen
- beim zweiten Punkt wissen wir viel über den Kontext (Kreislauf; evt. Haushalt?), schließen auf Struktur/Mechanismen innerhalb eines Kompartimentes: Ökosystem (hier Wald)

Grundhaltungen: zu Leben-Umweltbeziehungen

Forst

- Organismus - Wald (Vertreter: Leben)
- potentielles Verhalten bekannt (Ertragstafel)
- aus dem aktuellen Verhalten des Phänotyps auf die jeweilige Umwelt schließen (Standortfaktoren, Standortkarte)

Hydro

- Einzugsgebiet - Wasser (Vertreter: unbelebte Umwelt)
- Naturgesetze zum Transport, Speichern von Stoffen bekannt
- aus Mustern des Transportes (Regen, Abfluss) auf innere Mechanismen im Ökosystem schließen

- methodische Aspekte: Trennung Forschung und Praxis
- nicht nach Forst und Hydro getrennt
- ... aber die Sprache der (naturwissenschaftlichen) Forschung nahe der typischen Perspektive von Hydrologen; die Sprache der guten-fachlichen Praxis nahe der typischen Haltung von Förstern

Erwartungen

Praxis der Nutzung

- Mögliches Verhalten unter ähnlichen Bedingungen dokumentieren (Versuchsbestände, Waldinventuren)
- lokale Erträge werden rückblickend gegenüber den möglichen Alternativen bewertet, nachhaltig?
- Voraussetzung für Vergleichbarkeit: stationäre Umwelt

Forschung

- gesetzmäßige Wirkung von Strukturen als zusammengesetzt erkennen (z.B. Transport in porösen Medien)
- Verhalten (Zustände, Flüsse) können vorhergesagt werden
- Voraussetzung: Zustandsvariablen, Flüsse als Funktionen

- methodische Aspekte: Trennung Forschung und Praxis
- nicht nach Forst und Hydro getrennt
- ... aber die Sprache der (naturwissenschaftlichen) Forschung nahe der typischen Perspektive von Hydrologen; die Sprache der guten-fachlichen Praxis nahe der typischen Haltung von Förstern

Erwartungen

Praxis der Nutzung

- Mögliches Verhalten unter ähnlichen Bedingungen dokumentieren (Versuchsbestände, Waldinventuren)
- lokale Erträge werden rückblickend gegenüber den möglichen Alternativen bewertet, nachhaltig?
- Voraussetzung für Vergleichbarkeit: stationäre Umwelt

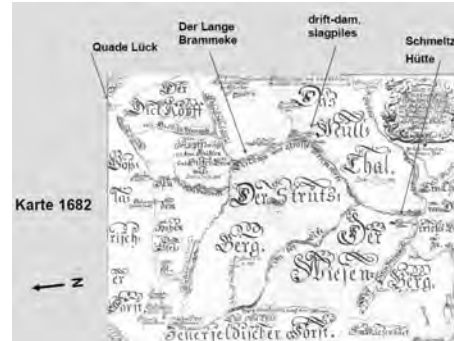
Forschung

- gesetzmäßige Wirkung von Strukturen als zusammengesetzt erkennen (z.B. Transport in porösen Medien)
- Verhalten (Zustände, Flüsse) können vorhergesagt werden
- Voraussetzung: Zustandsvariablen, Flüsse als Funktionen

- Harz mit langer Nutzungsgeschichte, gut dokumentiert (Waldbereitungen aus dem 15. Jhd.)
- älteste Waldbeschreibungen für die Lange Bramke: Laub- (Buche) und Nadelholz
- hier die älteste flächentreue Karte, die Ortsnamen existieren bis heute

Frühe Neuzeit

erste topographische Karte von 1682, zu Google von heute



- heute steht der Südhang Turm in der Mitte dieses Bildes, das nächste Bild ist von dort in die Richtung dieses Aufnahmepunktes gerichtet
- Die Situation nach dem Kahlschlag veranlasste den Beginn als hydrologische Monitoringstation (Abfluss Lange Bramke) aus Sorge um Erosion.
- weitere Meßstellen und Variablen kamen später hinzu.

Auslöser: Kahlschlag 1947

Blick auf den Südhang



- Bild 2014 vom Turm Südhäng nach Osten gegen den Talausgang (Meßwehr verdeckt in der Bildmitte)
- Tal ist in Nord- und Südexposition gegliedert.

zum vierten Mal: Rotfichte

Blick vom Südhäng



- Messstelle am Südhang, 2014
- Auswertungsfragen (jeweils von oben und von unten): welche Wirkungen des Fichtenbestandes (zusammengesetzt aus Baumattributen) sieht man im Abfluss?
- welche Ursachen der Abflusserzeugung lassen sich auf den Baumbestand zurückführen?
- es sollen möglichst die Daten für sich sprechen
- nur die wichtigsten Muster, mit ihren (möglichen, plausiblen) Interpretationen vorstellen

... Messungen: forstlich, hydrologisch



└ Motivation

└ Forst: quantitative Ergebnisse

1 Motivation

- Forst: quantitative Ergebnisse
- Hydro: quantitative Ergebnisse
- Kausalitäten Komplexitätsdiagramme

2 Schlussfolgerungen

3 References

└ Motivation

└ Forst: quantitative Ergebnisse

└ Bramke: Erträge der aktuellen und vorherigen Umtriebszeiten

- Als Teil der ersten preußischen Ertragstafel für Fichte wurde der Vorbestand von Schwappach aufgenommen, und 1915 wieder aufgegeben
- Der Bestand heute (2019) hat das Alter des Vorbestandes bei dessen Erstaufnahme
- Der Bestand im 19 Jhd. gehörte zu denen mit dem geringsten Wachstum (Höhe, Volumen)
- die Ertragsklass als Höhe im Alter 100
- Nordhang: 17% Neigung, Südhang 25%
- Gesamtzuwachs war $4.6 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{Jahr}$ im Vorbestand
- heute $6.5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{Jahr}$ am Südhang
- Volumen 19% höher als am Nordhang

Bramke: Erträge der aktuellen und vorherigen Umtriebszeiten

Source	age yrs.	n/ha	height _g m	bhd _g cm	tot.vol. m ³ /ha	Index
Schwappach 1889:	71	1196	13.3	19.4	327	gering
Kamm 2010:	62	572	19.9	29.3	406	28.9
Nord 2010:	62	512	21.3	28.7	388	30.7
Süd 2010:	62	884	20.1	23.2	462	30.7

└ Motivation

└ Forst: quantitative Ergebnisse

└ Höhenbonitäten im Vergleich, Rofichte
Südschwarzwald (Teuffel et al.)

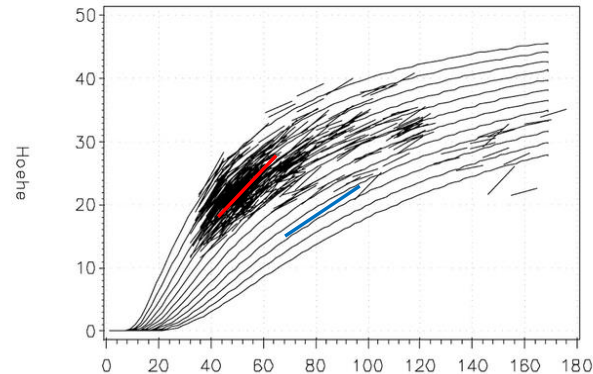
- Artspezifische Strategie (Kurvenschar) durch Vergleich mit anderen Fichtenbeständen (hier aus Schwarzwald), andere Standortbedingungen
- Abstand (alte und neue Plots): 1 km horizontal, 30 m vertikal, auf dem Rücken (Kamm)
- Höhe Merkmal Strategie; eine Nährstoffkonzentration im Boden verursacht(?) ein Höhenwachstum, ein Wasserstand verursacht(!) einen Abfluss. Bodenvorrat verursacht Austrag als Nitrat...
- Höhenwachstum ist Index der Produktionsbedingungen des Standortes, nicht (bzw. wenig) durch Regulierung der Konkurrenz (Durchforstung) zu beeinflussen
- Bäume konkurrieren um Nährstoffe und Licht, oder die Heterogenität im Boden verursacht die Verteilung der Ressourcen auf die Individuen

Höhenbonitäten im Vergleich, Rofichte

Südschwarzwald (Teuffel et al.)

Bramke 1889-1915 & 1988-2015

4 Zusammenhang zw. Wuchsleistung und Standort im Südschwarzwald 67



- └ Motivation

- └ Forst: quantitative Ergebnisse

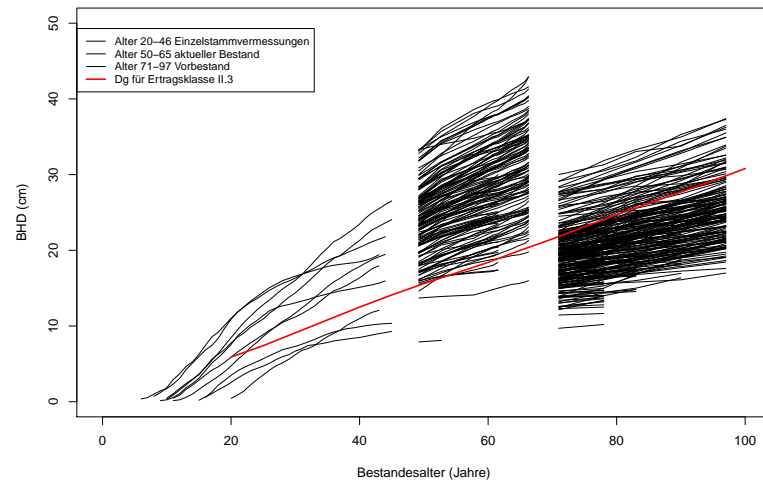
- └ Durchmesserzuwachs Rotfichte (*Picea abies Karst.*)

- alle Durchmesserentwicklung vom Kamm, 10 Bäume
Wachstumsverlauf aus Stammanalysen von 1990 (hydraulische Architektur, Franz Gruber)
- rote Kurve Ertragstafel Wiedemann; II.3

Durchmesserzuwachs Rotfichte (*Picea abies Karst.*)

Bramke 1889-1915 & 1988-2015

BHD-Verläufe Einzelbäume Lange Bramke (Plateau)



- └ Motivation
 - └ Forst: quantitative Ergebnisse
 - └ Forst: Ergebnisse

- aber im Forst: Standortfaktoren (Konzentrationen) Auslöser für Wachstum (Treibervariablen), Bäume reagieren angepasst (oder nicht)
- unterschiedliche Flüsse (Aufnahme C, Transpiration) durch Konzentrationsunterschiede (Standortfaktoren) ausgelöst
- Vorschau/Vergleich dazu die Hydro-Perspektive: Konzentrationen sind das Ergebnis der Flüsse, in Modellen: Wachstum wird verursacht, durch Flüsse

Forst: Ergebnisse

- Nutzung über 3-4 Umtriebszeiten dokumentiert
- Unterbrechungen durch Kriege (30 jähriger, WWII)
- seit 1889 Standortfaktoren nicht konstant,
- Unterschiedliche Ertragsklassen nach Exposition (Nord, Süd)

- Aus Hydro-Monitoring: Bilanzen von N, Mg passen
- Unterschiede Transpirationsraten, Bodenfeuchte, Konzentrationen in der Bodenlösung passen (Nord-, Südhang)

- └ Motivation
 - └ Forst: quantitative Ergebnisse
 - └ Forst: Ergebnisse

- aber im Forst: Standortfaktoren (Konzentrationen) Auslöser für Wachstum (Treibervariablen), Bäume reagieren angepasst (oder nicht)
- unterschiedliche Flüsse (Aufnahme C, Transpiration) durch Konzentrationsunterschiede (Standortfaktoren) ausgelöst
- Vorschau/Vergleich dazu die Hydro-Perspektive: Konzentrationen sind das Ergebnis der Flüsse, in Modellen: Wachstum wird verursacht, durch Flüsse

Forst: Ergebnisse

- Nutzung über 3-4 Umtriebszeiten dokumentiert
- Unterbrechungen durch Kriege (30 jähriger, WWII)
- seit 1889 Standortfaktoren nicht konstant,
- Unterschiedliche Ertragsklassen nach Exposition (Nord, Süd)

- Aus Hydro-Monitoring: Bilanzen von N, Mg passen
- Unterschiede Transpirationsraten, Bodenfeuchte, Konzentrationen in der Bodenlösung passen (Nord-, Südhang)

└ Motivation

└ Hydro: quantitative Ergebnisse

1 Motivation

- Forst: quantitative Ergebnisse
- Hydro: quantitative Ergebnisse
- Kausalitäten Komplexitätsdiagramme

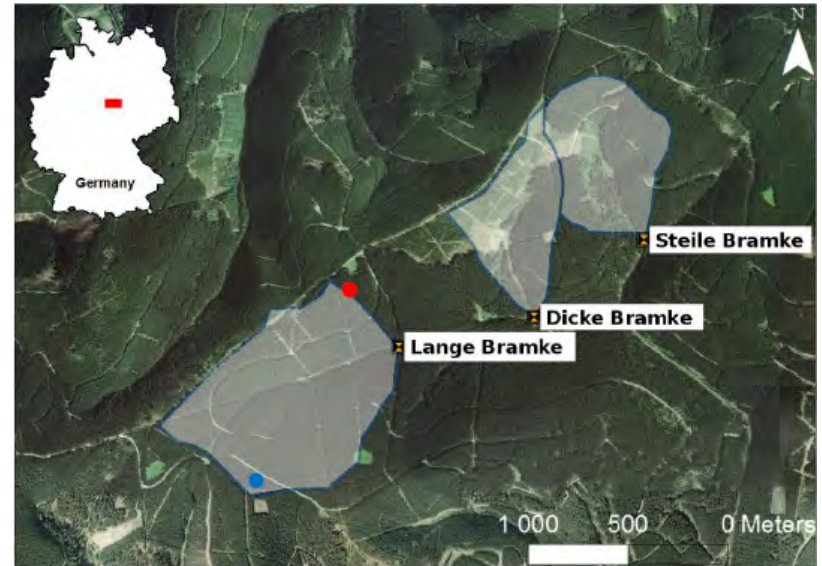
2 Schlussfolgerungen

3 References

- └ Motivation
 - └ Hydro: quantitative Ergebnisse
 - └ Bramke Einzugsgebiete

- Stollen zwischen der Oker und der Grane Talsperre verläuft seit 1970 unterhalb der Steilen Bramke. Die Quelle ist danach trocken gefallen, die Messstelle wurde aufgegeben.
- die Dicke Bramke ist auch in geringem Maße betroffen, die Lange Bramke nicht.
- roter Punkt: heutiger forstliche Aufnahmefläche (Kamm)
- blauer Punkt: Schwappach Aufnahme des Vorbestandes 1889

Bramke Einzugsgebiete



- └ Motivation

- └ Hydro: quantitative Ergebnisse

- └ Vergleich, seit 1971 gestört

- der Stollen wurde 1971 in Betrieb genommen, verläuft im Bereich der Steilen Bramke 350 m unter der Oberfläche, das Gestein enthält wassergängige Klüfte
- die Gewässerchemie wird seit 1988 berpobt.
- im Mai 1989 wurde die Steile Bramke mit 16t $MgCaCO_3$ /ha aus der Luft gekalkt.
- seit den 1990ern wird auf den Kahlschlägen der Steilen Bramke Europäische Buche gepflanzt
- entlang des Bauchlaufes der Steilen Bramke wurden 1992 einige Roterlen gepflanzt

Vergleich, seit 1971 gestört

Dicke Bramke Messwehr
Gebietsabfluss



Steile Bramke Messwehr
Quelle



- Die Periode 77-79 war (zufällig) gut gewählt
- die hinteren drei Spalten: Evapotranspiration
- 1279 ist invers rekonstruiert (Modell von M Hauhs (1985) hatte Bestandesniederschläge verwendet)
- Transpiration steigt im Laufe der Zeit (Henning und Suttmöller, 2018)
- Summen sind nur begrenzt aussagefähig als Modelltest
- werden die Muster reproduziert?
- stimmen die Prozesse?
- WaSim Transpiration 17% höher am Südhang, Erinnerung Produktion mind. 19%, bei Hauhs (1985) war Südhang 43% höher als Nordhang (430 zu 300 mmm)

Hydrologie: Bilanzen im Vergleich

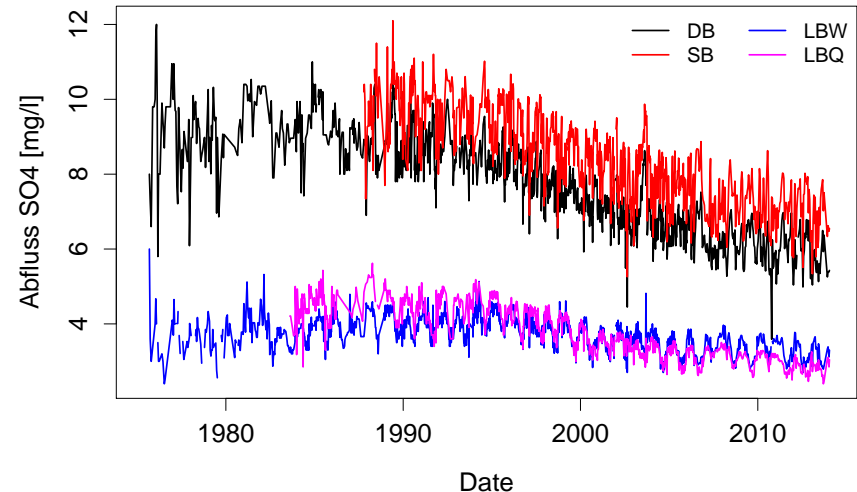
Periode	Niederschlag mm/a	Abfluss mm/a	Nord mm/a	Süd mm/a	Kamm mm/a
gemessen					
1950-2015:	1340	640			
1977-1979:	1261	585			
WaSiM-ETH					
1950-2015:	1290	654	684	614	670
1977-1979:	1222	603	599	555	598
Hauhs 1985					
1977-1979:	1279	738	619	489	-

Modell (WaSiM-ETH) von Suttmöller und Meesenburg 2018

- └ Motivation
 - └ Hydro: quantitative Ergebnisse
 - └ SO_4 -Konzentrationen, alle Bäche

- bis Ende der 1980er standen auf den Wasserscheiden der Dicken und Steilen Bramke nach Nordwesten exponierte Fichtenaltbestände mit vermutlich hoher Interzeptionsdepositionen (Nebelauskämmung)
- das erklärt den Unterschied zur Langen Bramke: die einen jungen Bestand in geschützter Lage trug
- Dicke und Steile Bramke, sowie Quelle und Abfluss in der Langen Bramke jeweils sehr ähnlich
- beachte die Saisonalität in der Langen Bramke: hydrologischer Effekt da unterschiedliche Konzentrationen in der Bodenlösung am Nord- und Südhang. Im Sommer stammt der Abfluss nahezu ausschließlich vom Nordhang
- Abnahme im Abfluss folgt der Reduktion in der Deposition ab 1900
- der Boden hat einen Teil der Sulfat Deposition gespeichert und setzt diesen Vorrat (ab 2000 ern) jetzt wieder frei (Bilanz des Bodens ist negativ)

SO_4 -Konzentrationen, alle Bäche



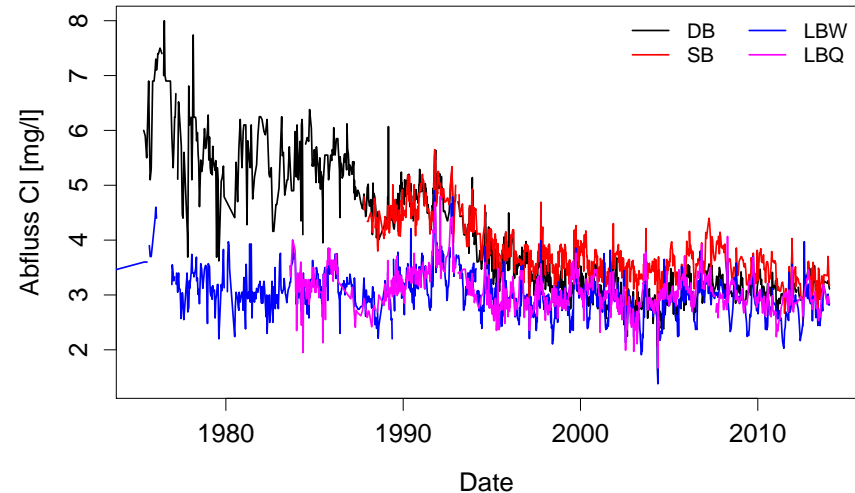
└ Motivation

└ Hydro: quantitative Ergebnisse

└ Cl-Konzentrationen, alle Bäche

- Im Laufe der Zeit werden sich die Bestände ähnlicher: in der Steilen und Dicken Bramke wurden die ältesten Bestandesteile ersetzt (Pflanzung nach Sturmwurf), Lange Bramke wird älter (70 Jahre)

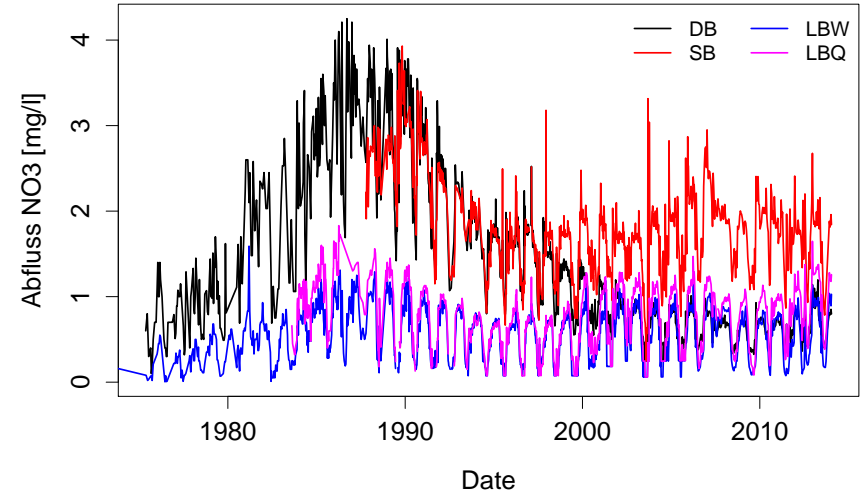
Cl-Konzentrationen, alle Bäche



- └ Motivation
 - └ Hydro: quantitative Ergebnisse
 - └ NO_3 -Konzentrationen, alle Bäche

- zur Zeit der Waldschäden (1980-1990) zeigt Nitrat wahrscheinlich den Rückgang der Aufnahme an.
- in der Bodenlösung des produktiven Südhangs war in der ganzen Zeit kein Nitrat nachzuweisen. In der Langen Bramke stammen die Austräge vom Nordhang (und vom Kamm)
- in der Steilen Bramke ist die Herkunft des Anstiegs relativ zur Dicken Bramke ab 1999 unklar. Möglich als Ursache sich die Kalkung (1989) und der Baumartenwechsel (seit 1992) in Teilen des Einzugsgebiets (verbunden mit zusätzlichen Pflanzlochdüngungen)

NO_3 -Konzentrationen, alle Bäche



1 Motivation

- Forst: quantitative Ergebnisse
- Hydro: quantitative Ergebnisse
- Kausalitäten Komplexitätsdiagramme

2 Schlussfolgerungen

3 References

└ Motivation

└ Kausalitäten Komplexitätsdiagramme

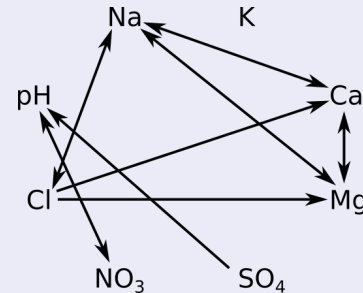
└ Kausalität mit Convergent Cross Mapping (CCM)

- 1994: Erholung nach dem Rückgang der SO_4 Deposition setzte damals ein
- analysiert wurden die Beziehungen zwischen den Ionen, die einen wesentlichen Anteil an der Ladungsbilanz (Summen von Kationen, Anionen) besitzen
- Methode ist von Sugihara u. a., 2012 ermittelt die Richtung der (kausalen) Verbindungen zwischen Zeitreihen, in den folgenden Grafiken werden nur die signifikanten Abhängigkeiten angezeigt
- vor und nach 1994; oder entlang der Langen Bramke zwischen Quellgebiet und dem Messwehr: die Dynamik selbst ändert sich

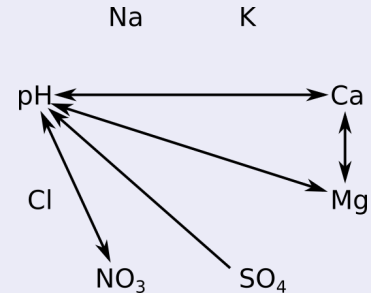
Kausalität mit Convergent Cross Mapping (CCM)

Ca and Cl; Daten: Meesenburg pers. comm.

Lange Bramke weir < 1994



Lange Bramke weir > 1994



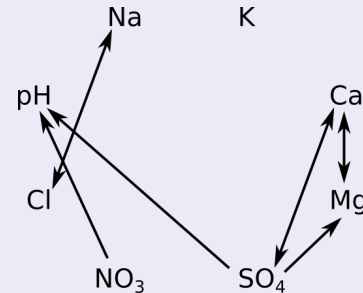
- └ Motivation
 - └ Kausalitäten Komplexitätsdiagramme
 - └ Kausalität mit Convergent Cross Mapping (CCM)

- Hier entlang der Langen Bramke
- die Quelle ist sauer (um pH 4,6),
- am Messwehr pH um 6,0 dazwischen tritt gepuffertes Grundwasser aus tieferen Bodenschichten (>1 m) hinzu.

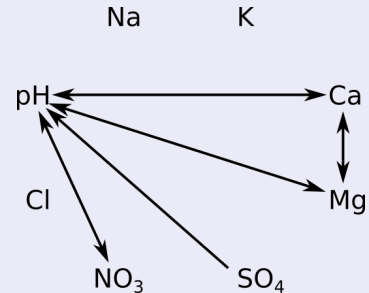
Kausalität mit Convergent Cross Mapping (CCM)

Ca und Cl; Data: Meesenburg persl. Mtlg.

Lange Bramke spring > 1994



Lange Bramke weir > 1994



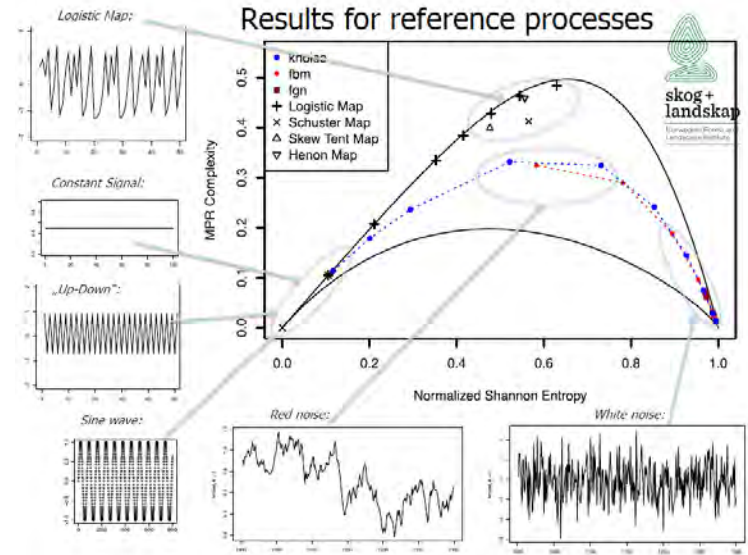
- Motivation

- Kausalitäten Komplexitätsdiagramme

- Wie schwierig zu modellieren?

- Die Methode klassifiziert Zeitreihen nach ihrer Zufälligkeit (Entropie, X-Achse) und ihrer Komplexität (als Maß der Schwierigkeit eine kompakte Beschreibung zu finden), Fig au und siehe zu den Details der Methode Sippel u. a., 2016
- deterministische Referenzprozesse werden verwendet um künstliche Zeitreihen zu erzeugen, die von dem Verfahren klassifiziert werden: Punkte nahe der oberen Grenzkurve; Die Kurve in der Mitte zwischen den Grenzkurven wurde mit einem künstlichen Rauschen (knoise) erzeugt, bei dem die Autokorrelation des Rauschens variiert wurde. Die Lage der Punkte hängt von der Aggregation der Zeitreihe ab, das zeigt die folgende Kurve (war nicht Teil des Vortrags bei LTER)
- die relative Lage von unterschiedlichen Messtellen bei gleicher Aggregation bleibt dabei weitgehend erhalten (hier nicht gezeigt)
- das Maximum der Komplexität für die Lange Bramke liegt bei 2 Tagen. Dort sind die Daten am schwierigsten zu

Wie schwierig zu modellieren?



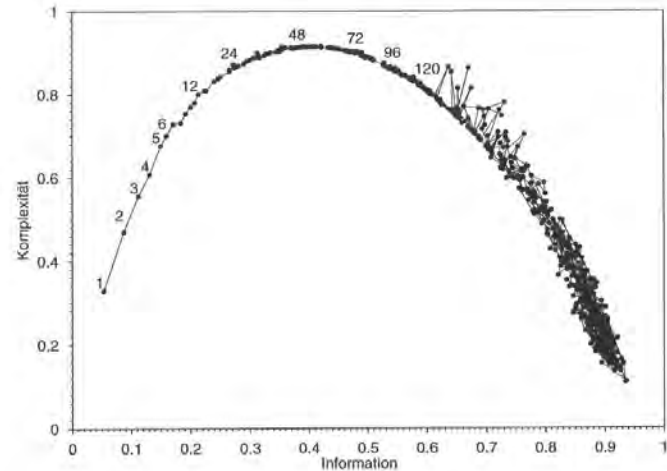
└ Motivation

└ Kausalitäten Komplexitätsdiagramme

└ Einfluss der Aggregation der Daten

- Die Lage der Punkte hängt von der Aggregation der Zeitreihe ab. Die Kurve zeigt den Bereich von stündlicher bis 14 tägiger Auflösung für den Abfluss der Langen Bramke (mit anderen Komplexitäts und Zufallsmaßen), aus Wolf, 1999
- diese Kurve war nicht Teil des Vortrags bei LTER

Einfluss der Aggregation der Daten



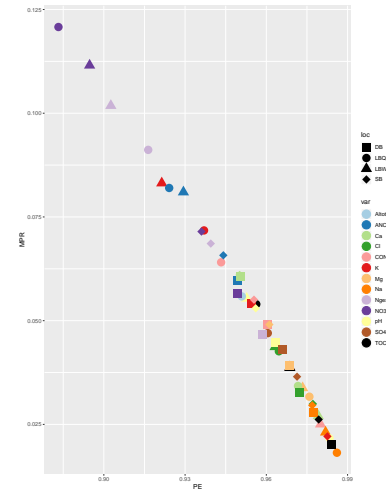
└ Motivation

└ Kausalitäten Komplexitätsdiagramme

└ Ergebnisse Hydrochemie, alle Messstellen, alle Ionen

- Hier sind die Zeitreihen aller vier Gewässermessstellen und aller für die Ionenbilanz wichtigen Ionen gezeigt für 14tägige Auflösung
- wegen der starken Aggregation liegen die Punkte in der Nähe der unteren rechten Ecke des Komplexitätsdiagramms
- auffallend sind die Unterschiede unter den Gebiete (liegen oft weit auseinander) und unter den Ionen (dto.).
- die Kombination Ion und Gebiet enthält jeweils ein spezifisches Signal. Die Ionen, die als Indikator verwendet werden, wie NO_3 , mit relativ hohen Unterschieden in der Komplexität, Verschwinden der Saisonalität in der Aufnahme macht die Zeitreihe zufälliger (z.B. DB)

Ergebnisse Hydrochemie, alle Messstellen, alle Ionen



└ Motivation

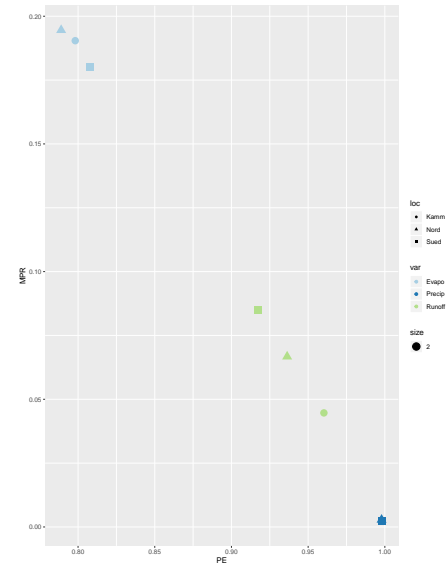
└ Kausalitäten Komplexitätsdiagramme

└ Ergebnisse WaSIM: Regen, Evapotr, Abfluss

- Vergleich zwischen dem Niederschlag und den simulierten Evapotranspirationsraten und Versickerungen an den drei Mesststellen: Nord, Süd, Kamm der Langen Bramke (alle mit monatlicher Auflösung).
- der Niederschlag, wie erwartet in der rechten unteren Ecke (max. Entropie), bereits bei täglicher Auflösung Evapotrans am komplexesten, aber keine Unterschied liegt dieser Punkt in der Nähe
- Evapotranspiration ist komplexer als der Abfluss
- die drei Gebiete unterscheiden sich auch im Modell in der Komplexität: Abfluss: Süd>Nord>Kamm, Evapotranspiration: Nord>Kamm>Süd
- diese Diagramme sind ein sensibler Indikator für die Qualität der Modelle, dazu werden in diesem Fall jedoch die hohen Zeitaufösungen (täglich) benötigt

Ergebnisse WaSIM: Regen, Evapotr, Abfluss

Zeitreihen aus der Modellierung von Suttmöller und Meesenburg, 2018



- 1 Motivation
- 2 Schlussfolgerungen**
- 3 References

- Zusammenstellung der Faktoren, mit denen die Trends und Muster in den Zeitreihen interpretiert werden können (Eindeutigkeit bleibt offen).
- alle diese Faktoren beziehen sich auf Randflüsse (wie Niederschlag, Verdunstung, Abfluss) über die Ränder des physikalischen Systems)
- keiner der Faktoren verweist auf innere Unterschiede, wie Bodentiefe, Leitfähigkeit, Heterogenität im Boden,.. ..
- wie lange Flüsse messen, um die spez. Wirkung der Gebiete auf Output zu erkennen? (vermutlich: 3-5 Jahre)
- welche räumliche Auflösung passt zu diesen Ergebnissen? (vermutlich: 20-30 ha)

Hydro: Minimale(?) Faktoren

Fläche	Baumart	Alter	Expos.	Sonst.
Lange Bramke				
Nordhang	Fichte	Fi 70	Nord	-
Südhang	Fichte	Fi 70	Süd	-
Dicke Bramke:	Fichte	Fi 27, 104, 113	Süd	(Stollen)
Steile Bramke:	Fichte Buche	Fi 61,139 Bu 22-29	Süd	Stollen 1971 Kalk 1989

Deposition Alter, Baumart, Exposition

Abfluss Stollen, Evapotranspiration

Zuwachs N-, Mg-Bilanz, Transpiration

Transpiration Exposition, (Baumart), Klima

- Zusammenstellung der Faktoren, mit denen die Trends und Muster in den Zeitreihen interpretiert werden können (Eindeutigkeit bleibt offen).
- alle diese Faktoren beziehen sich auf Randflüsse (wie Niederschlag, Verdunstung, Abfluss) über die Ränder des physikalischen Systems)
- keiner der Faktoren verweist auf innere Unterschiede, wie Bodentiefe, Leitfähigkeit, Heterogenität im Boden,.. ..
- wie lange Flüsse messen, um die spez. Wirkung der Gebiete auf Output zu erkennen? (vermutlich: 3-5 Jahre)
- welche räumliche Auflösung passt zu diesen Ergebnissen? (vermutlich: 20-30 ha)

Hydro: Minimale(?) Faktoren

Fläche	Baumart	Alter	Expos.	Sonst.
Lange Bramke				
Nordhang	Fichte	Fi 70	Nord	-
Südhang	Fichte	Fi 70	Süd	-
Dicke Bramke:	Fichte	Fi 27, 104, 113	Süd	(Stollen)
Steile Bramke:	Fichte Buche	Fi 61,139 Bu 22-29	Süd	Stollen 1971 Kalk 1989

Deposition Alter, Baumart, Exposition

Abfluss Stollen, Evapotranspiration

Zuwachs N-, Mg-Bilanz, Transpiration

Transpiration Exposition, (Baumart), Klima


- es geht um Leben/ (unbelebte) Umwelt
- Lange Bramke besonderes Einzugsgebiet, weil:
- große Aggregation bis 30(70) ha möglich
- lange Zeitreihen als Voraussetzung zur Identifikation von Prozessen
- Sprachen der Auswertung bleiben schwer zu übersetzen (Perspektive auf Organismen vs. physikalische/hydrologische Perspektive auf die unbelebte Umwelt)
- nicht nur ein technisches Problem, sondern die geeigneten Abstraktionen finden

Vorschlag Verallgemeinerung:

- Organismus** Indikator für Intensitäten wie Konzentration in Bodenlösung (Aufnahme/Abgabe von Stoffen durch den Organismus reguliert, angepasst)
in der Lange Bramke mit langfristigen Trends (Änderungen der Standortfaktoren)
- Umwelt** Kapazitäten wie Flüsse/Vorräte von Stoffen im Austausch mit der unbelebten Umwelt verursachen die lokalen Konzentrationen (Intensitäten)
Prozesse im Innern nicht identifiziert

- 1 Motivation
- 2 Schlussfolgerungen
- 3 References**

Literatur I

-  Sippel, S., H. Lange, M. D. Mahecha, M. Hauhs, P. Bodesheim, T. Kaminski, F. Gans und O. A. Rosso (2016). „Diagnosing the dynamics of observed and simulated ecosystem gross primary productivity with time causal information theory quantifiers“. In: *PloS one* 11.10, e0164960.
-  Sugihara, G., R. May, H. Ye, C.-h. Hsieh, E. Deyle, M. Fogarty und S. Munch (2012). „Detecting causality in complex ecosystems“. In: *science* 338.6106, S. 496–500.
-  Sutmöller, J. und H. Meesenburg (2018). „Einfluss von forstlicher Bestandesentwicklung und Klimawandel auf Wasserhaushaltskomponenten im Einzugsgebiet der Langen Bramke im Harz“. In: *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 62, S. 184–198.

Literatur II



Wolf, F. (1999). *Berechnung von Information und Komplexität in Zeitreihen-Analyse des Wasserhaushaltes von bewaldeten Einzugsgebieten*. Bd. 65. Bayreuther Inst. für Terrestrische Ökosystemforschung.