

TUM Projektverbund

Bayerische Landschaften im Klimawandel

Kohlenstoff- und Stickstoffmobilität in Landschaften im Umbruch auf Basis kolluvialer und alluvialer Prozesse

Jörg Völkel, Ingrid Kögel-Knabner, Hans Peter Schmid

StMUV Az. TKP01KPB-66832

1.1.2015 - 31.12.2017

Email-Kontakt: geo@wzw.tum.de

Ausführende

Prof. Dr. Jörg Völkel

Prof. Dr. Dr.h.c. Ingrid Kögel-Knabner

Prof. Dr. Hans Peter Schmid

(Projektleitung)

(Projektleitung)

(Projektleitung)

Dr. Daniel Schwindt

Dipl.-Ing. Peter Waltl

Stefanie Kriegs, M.Sc.

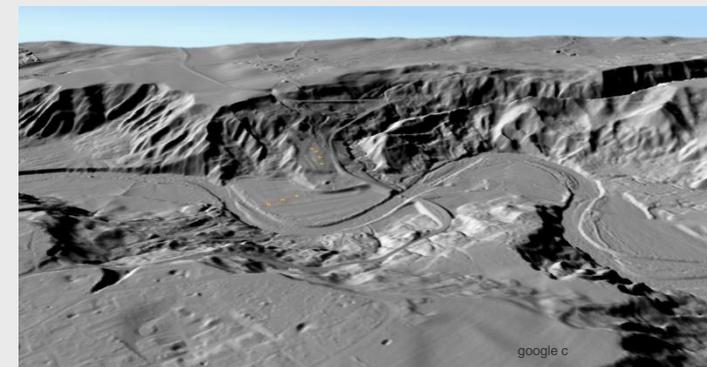
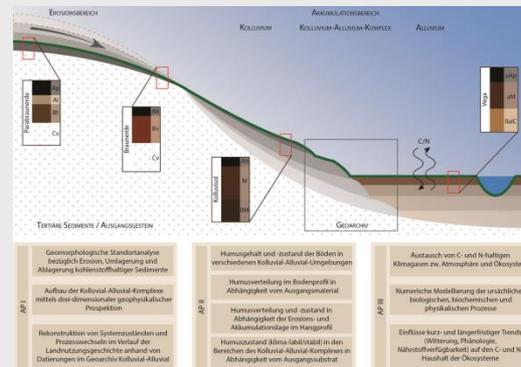
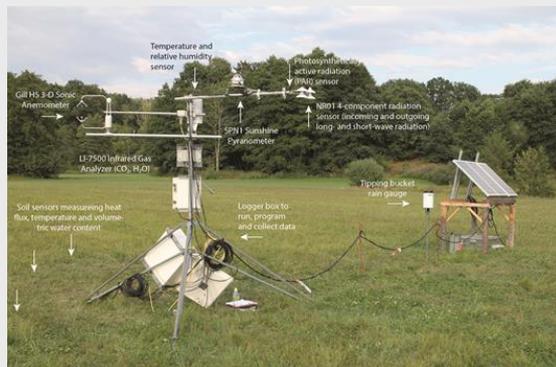
Jamie Smidt, M.Sc.

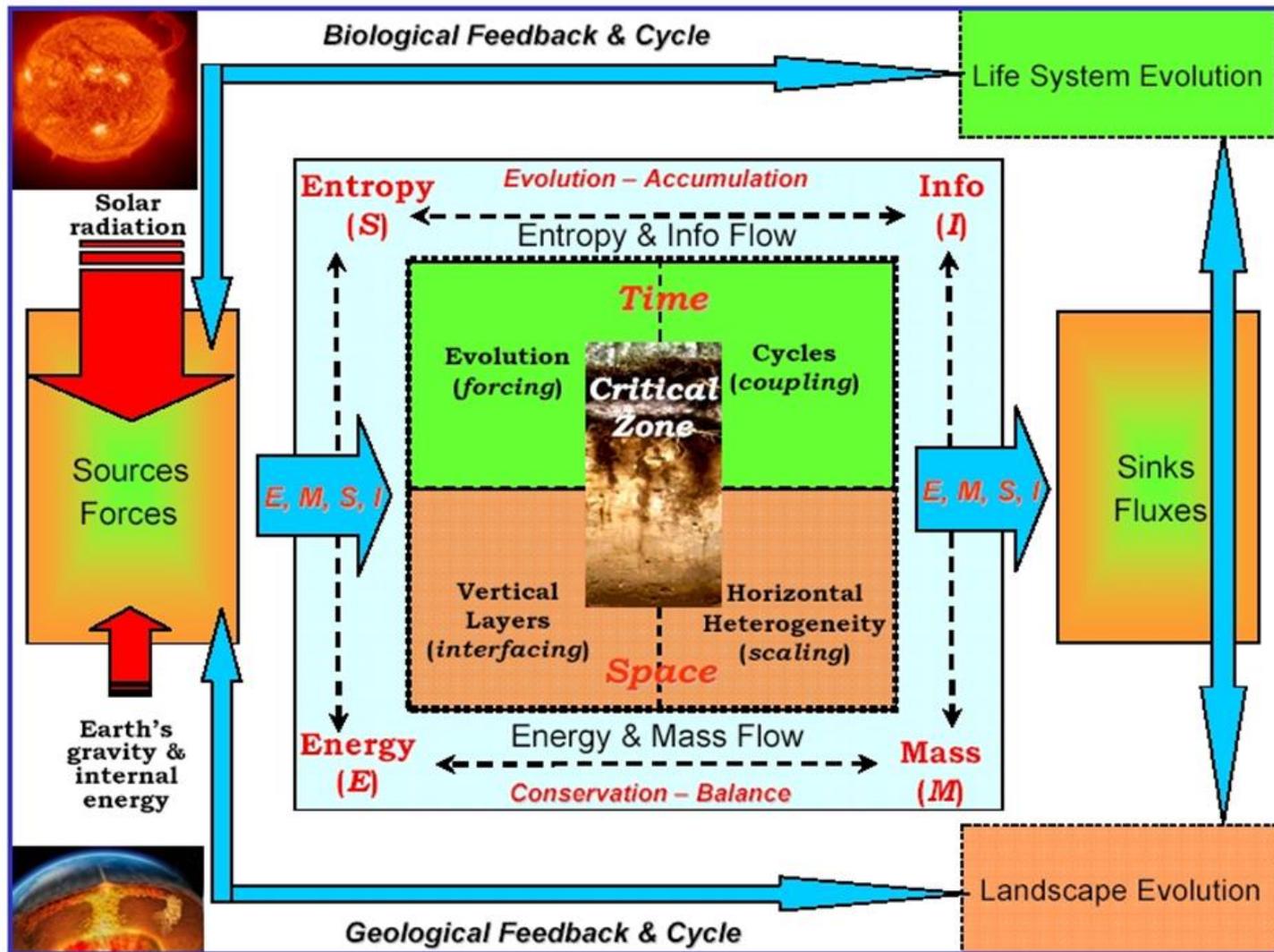
(PostDoc)

(Doktorand AP 1)

(Doktorandin AP 2)

(Doktorandin AP 3)



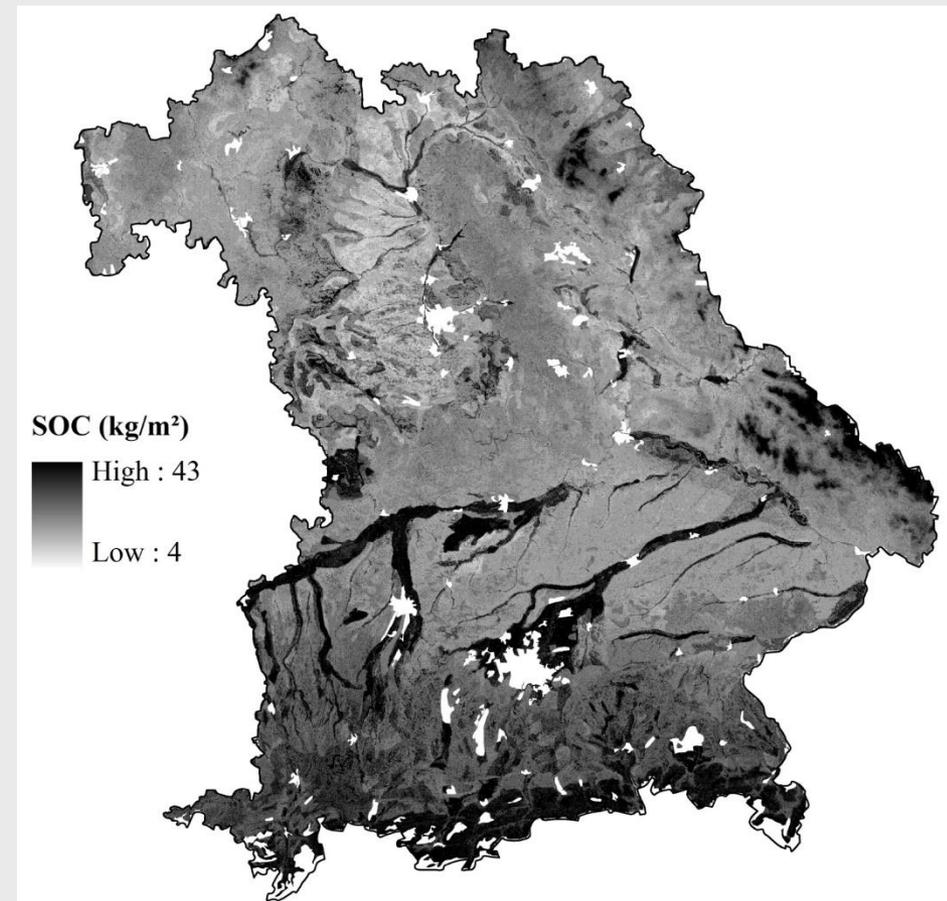


Hintergrund

- Böden sind Kohlenstoff- (C) und Stickstoffspeicher (N)
- Positive Rückkopplung über Vegetation als Motor der Anreicherung
- 8.000 Jahre Ackerbau in Mitteleuropa haben zu hoher C- und N-Anreicherung in Böden und Bodensedimenten geführt
- Kenntnis der Transportpfade und der Zwischenspeicher (Kolluvien) sowie Kenntnis der Senken (Alluvien in Flussauen)
- C- und N-Tiefenfunktion und Speichermechanismen weitgehend unbekannt (Gründlandböden, Ackerböden, Kolluvisole, Auenböden)
- Bodenerosion als wesentlicher Teilprozess des anthropogen beeinflussten Erdsystems setzt C und N frei (Verlust sowie Bildung sog. Klimagase)
- Landnutzungswandel und Landschaftsmanagement nehmen Einfluss in regionaler Maßstabsebene

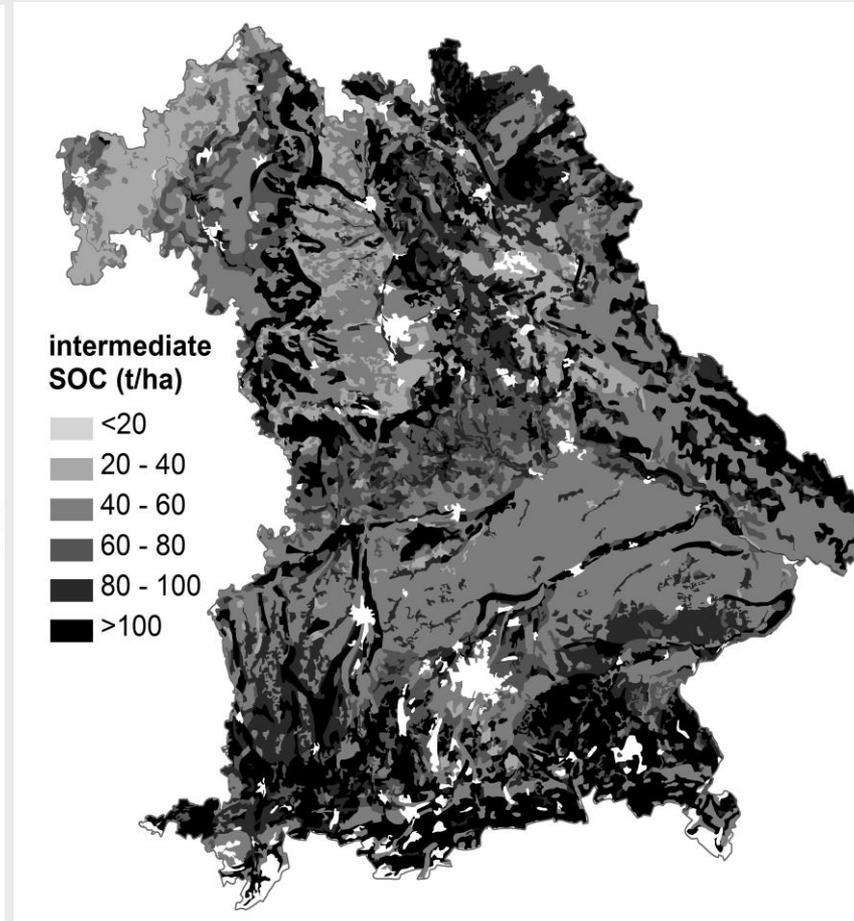
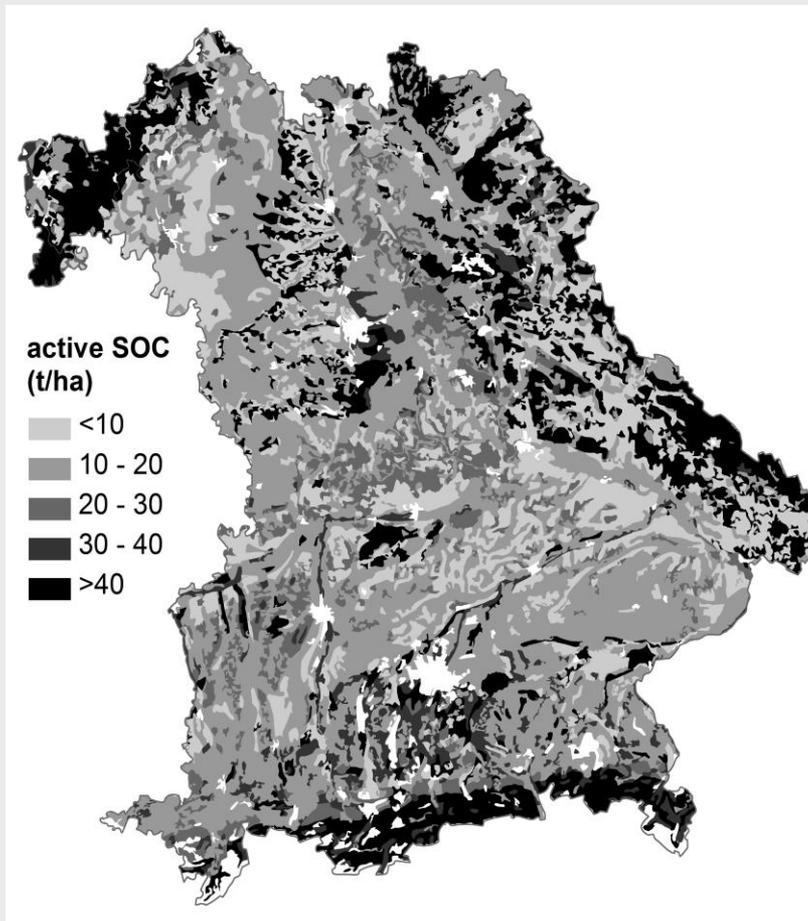
Hintergrund

- Regionale Verteilung der SOC-Vorräte (soil organic carbon) landwirtschaftlich genutzter Böden Bayerns
 - Flussauen speichern große Mengen an organischem C
 - Zugleich sind Flussauen aber auch sehr labile Systeme, anfällig für Störungen
 - Hoher Druck durch Landnutzungsänderungen



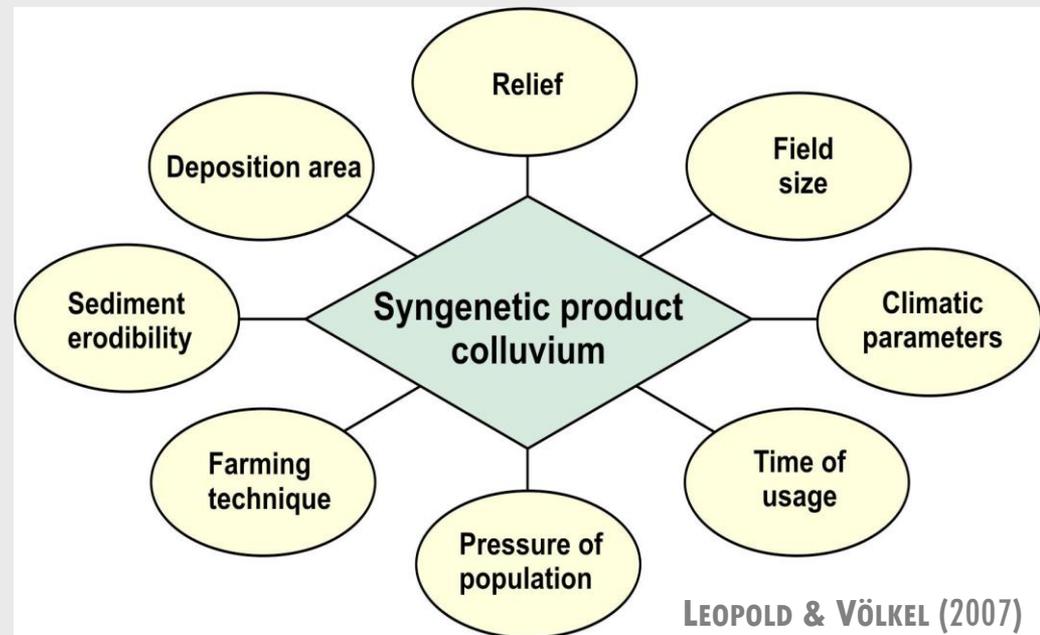
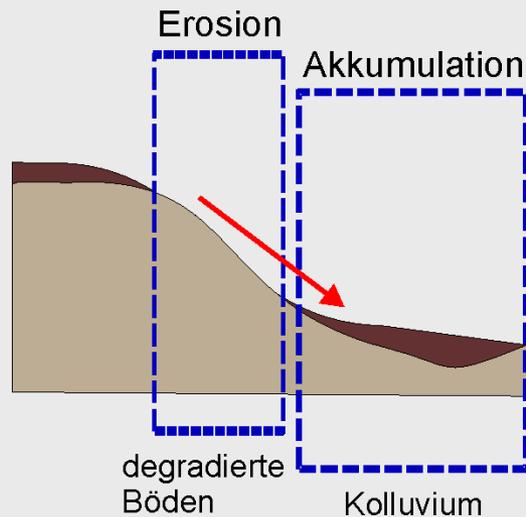
Wiesmeier et al. 2014, Geoderma Regional 1, 67-78.

Quantifizierung funktioneller SOM-Fractionen



- Große aktive SOM-Vorräte in höheren Lagen (Alpen/Mittelgebirge) sowie in Mooren / grundwasserbeeinflussten Böden (Wiesmeier et al., Agriculture, Ecosystems and Environment, 2014)
- Hohe potentielle C-Verluste durch Landnutzungsänderung/Klimawandel?

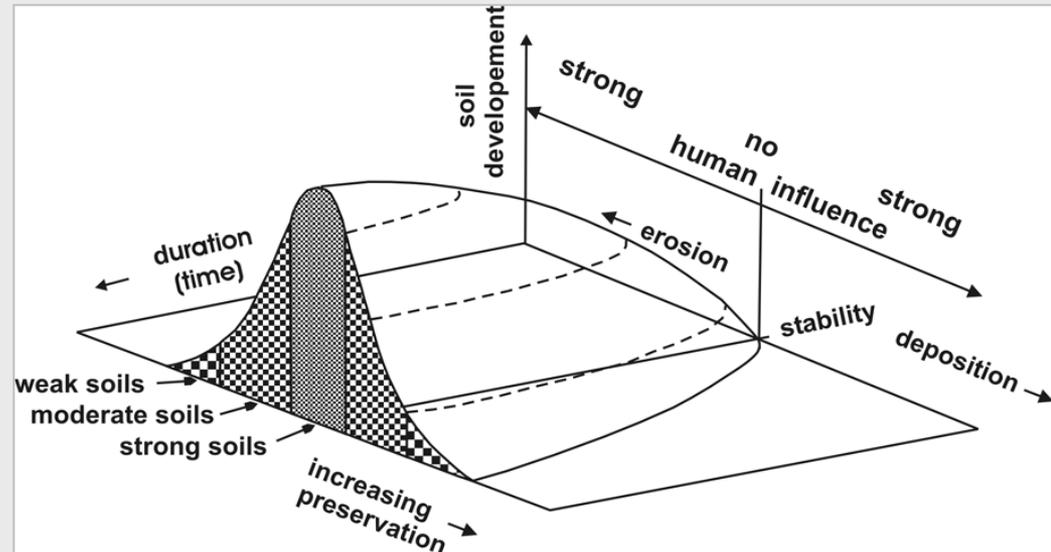
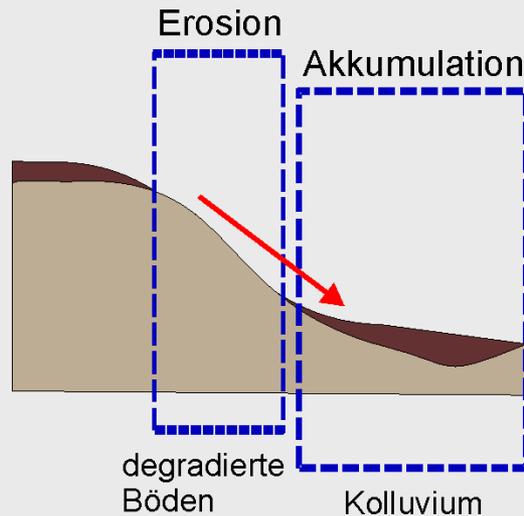
- **Kolluvium** als korrelates Sediment der anthropogen verursachten Bodenerosion



LEOPOLD & VÖLKELE (2007)

Quaternary Int.162/163, p. 133-140

- **Kolluvium** als korrelates Sediment der anthropogen verursachten Bodenerosion

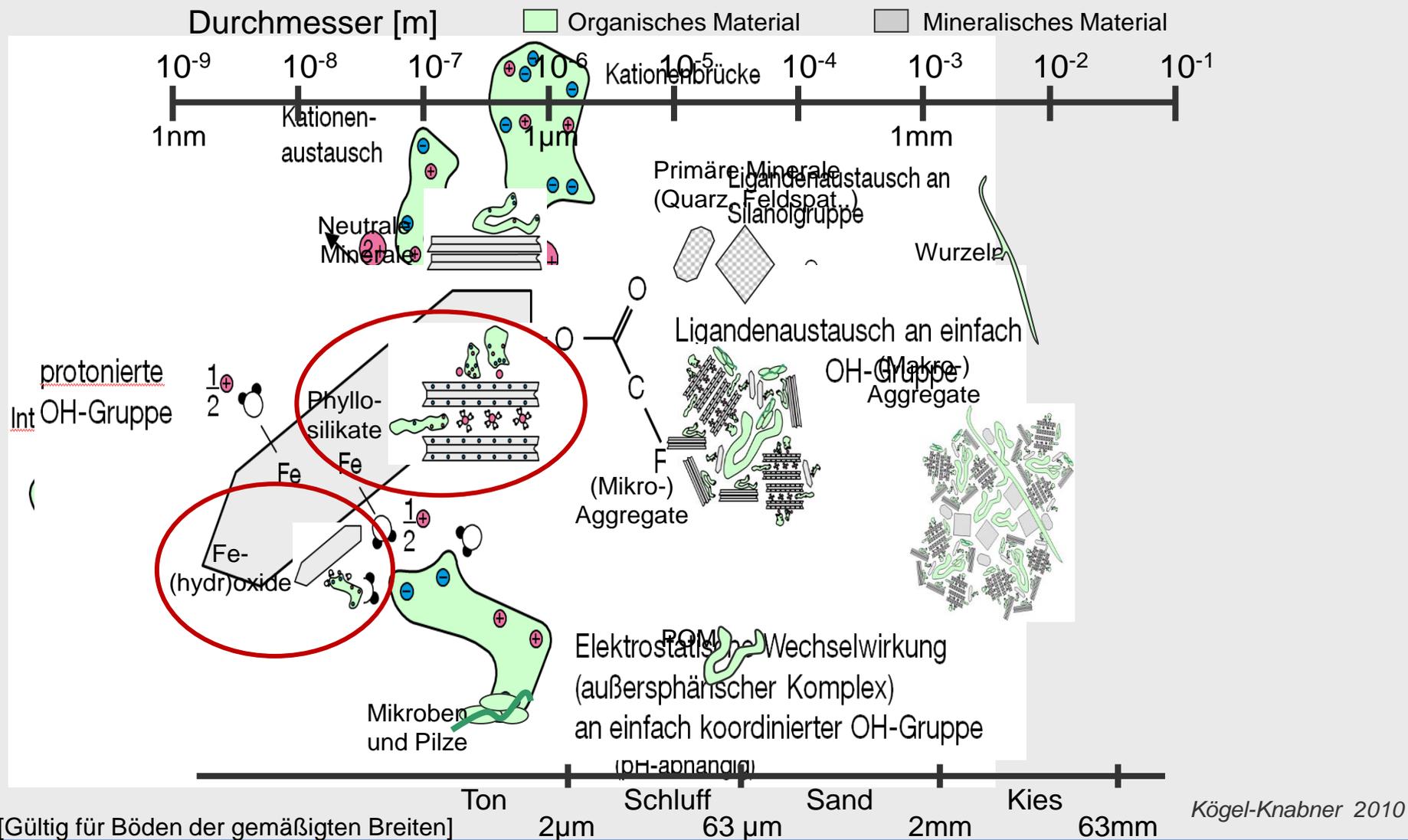


BIRKELAND (1999)

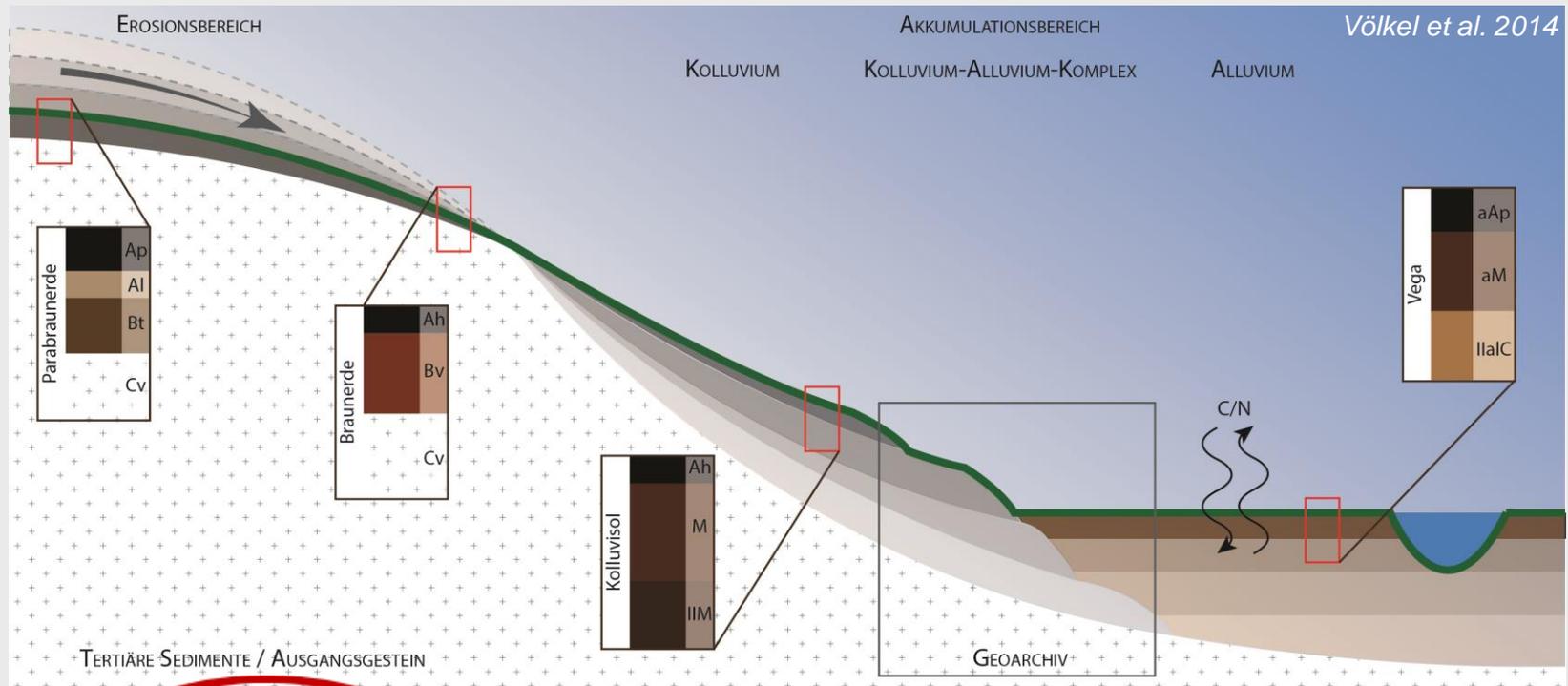
- Akkumulation und Speicherung in Hangdellen, Mulden und v.a. Auen (→ Geoarchive)

Leopold & Völkel (2007)

Organo-mineralische Verbindungen und Aggregierung in Böden



Völkel et al. 2014



AP I

- Geomorphologische Standortanalyse bezüglich Erosion, Umlagerung und Ablagerung kohlenstoffhaltiger Sedimente
- Aufbau der Kolluvial-Alluvial-Komplexe mittels drei-dimensionaler geophysikalischer Prospektion
- Rekonstruktion von Systemzuständen und Prozesswechseln im Verlauf der Landnutzungsgeschichte anhand von Datierungen im Geoarchiv Kolluvial-Alluvial

AP II

- Humusgehalt und -zustand der Böden in verschiedenen Kolluvial-Alluvial-Umgebungen
- Humusverteilung im Bodenprofil in Abhängigkeit vom Ausgangsmaterial
- Humusverteilung und -zustand in Abhängigkeit der Erosions- und Akkumulationslage im Hangprofil
- Humuszustand (klima-labil/stabil) in den Bereichen des Kolluvial-Alluvial-Komplexes in Abhängigkeit vom Ausgangssubstrat

AP III

- Austausch von C- und N-haltigen Klimagasen zw. Atmosphäre und Ökosystem
- Numerische Modellierung der ursächlichen biologischen, biochemischen und physikalischen Prozesse
- Einflüsse kurz- und längerfristiger Trends (Witterung, Phänologie, Nährstoffverfügbarkeit) auf den C- und N-Haushalt der Ökosysteme

AP 1 (Untergrundmodell / Stofftransport)

- Materialumlagerung in der Landschaft (Erosion, Transport, Akkumulation) gesteuert von Faktoren der Geomorphodynamik
- Catenenprinzip (Kuppe, Hang, Aue) vom Pedon zum Pedotop
- Bodengenese in Abhängigkeit vom Prozessumfeld
- Aufbau des oberflächennahen Untergrunds entlang der Catenen und 3D-Modellierung mit Hilfe nichtinvasiver Verfahren (GPR, ERT, SSR)
- GeoArchiv-Charakter zur Rekonstruktion und Prognose von Systemzuständen und Prozesswechseln im Zuge der Landnutzung
- Numerische Altersdatierung älterer (^{14}C an Makroresten und Bulkproben, OSL an Mineralkörnern) und jüngster Prozesse (^{137}Cs als Tracer im Boden bzw. im Sediment)

Vorgehensweise AP 1 (Untergrundmodell / Stofftransport)



- status quo Landschaftsgenese
- Kolluvialer Transport
- Alluvialer Transport
- Substrat- und Bodengenese
- Auswahl/Anlage Catenen

Vorgehensweise AP 1 (Untergrundmodell / Stofftransport)

Gelände

- Geophysikalische Prospektion (ERT, SSR, GPR)
- Rammkernsondierungen, Baggerschurfe
- Sedimentansprache und Datierung (^{14}C , OSL, ^{137}Cs)
- Bodenprofilansprache, Bodengenetik (zusammen mit AP 2)



Labor

- Sediment- und Bodenstandardparameter (zusammen mit AP 2)
- Röntgendiffraktionsanalyse RDA an Phyllosilikaten der Tonfraktion
- Röntgenfluoreszenzanalyse RFA an Feinboden (Elementbestimmung)
- (...)
- 3D-Untergrundmodell
- Massenbilanzierung



Landnutzungsgeschichte im Geoarchiv Flussaue



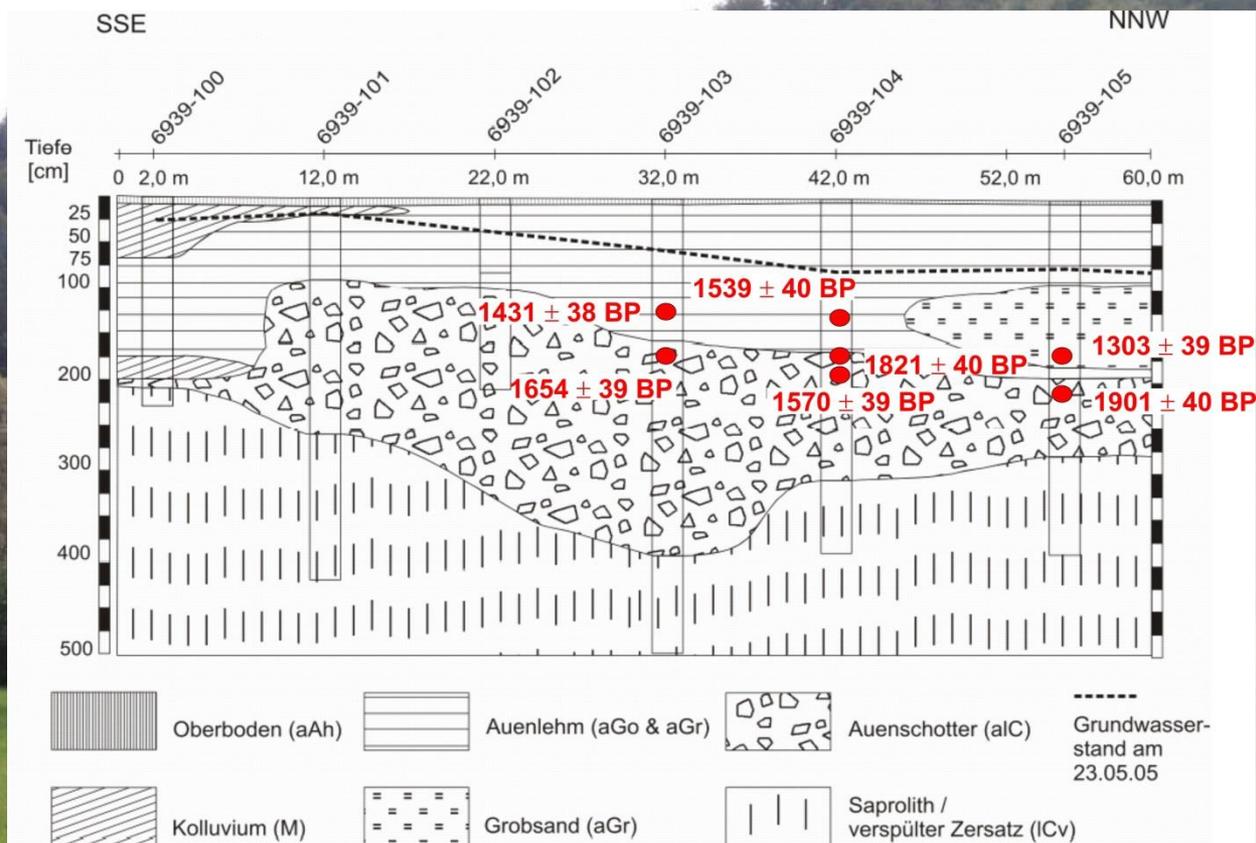
Raab, Hürkamp & Völkel, Physical Geogr., 2010

Landnutzungsgeschichte im Geo

- Ah
- rAp
- aGo-M
- II aMIC
- III aGo-M1
- III aGo-M2
- III aG
- III aGro
- III Gr
- IV GrIC
- V GrIC
- VI GrIC
- VII GrIC

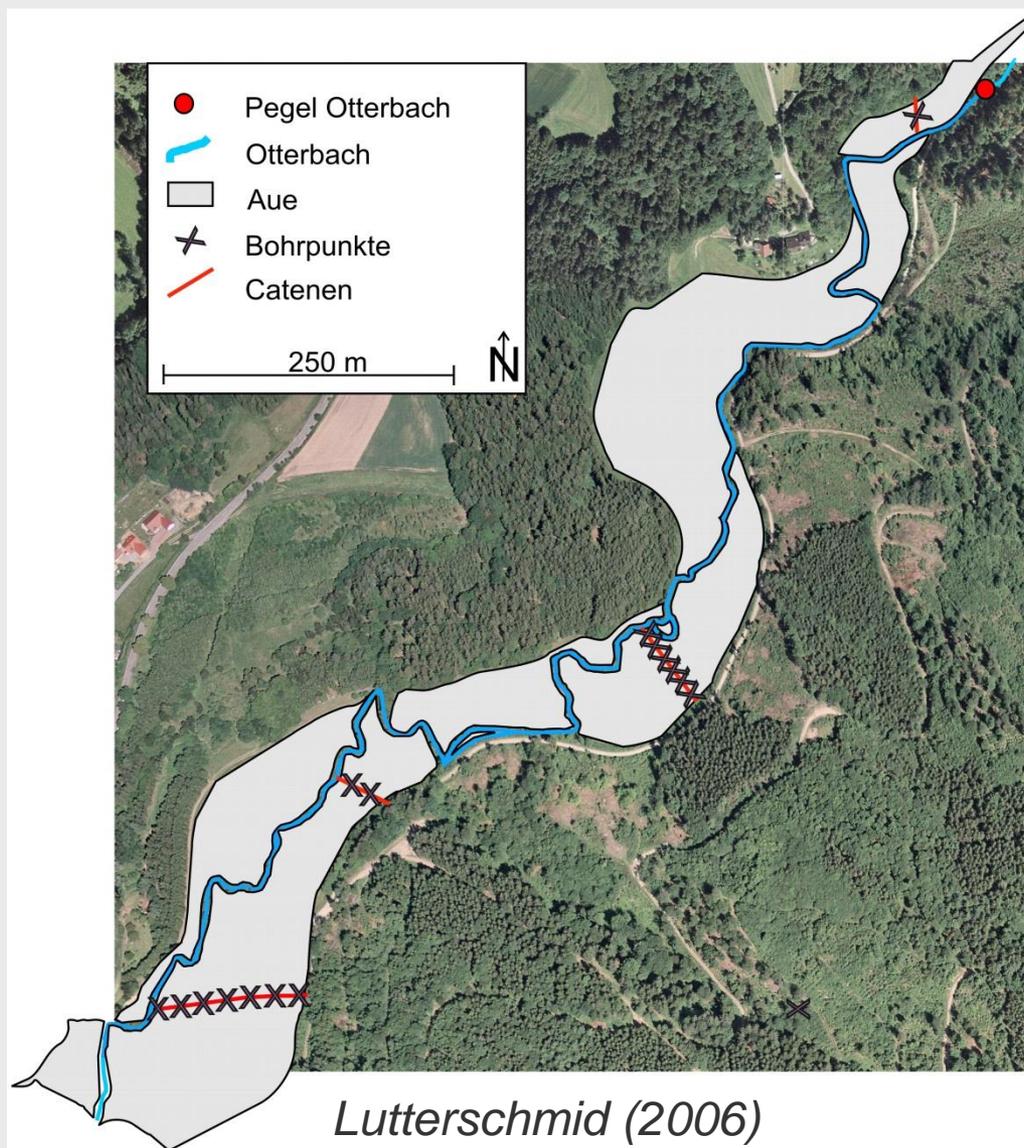


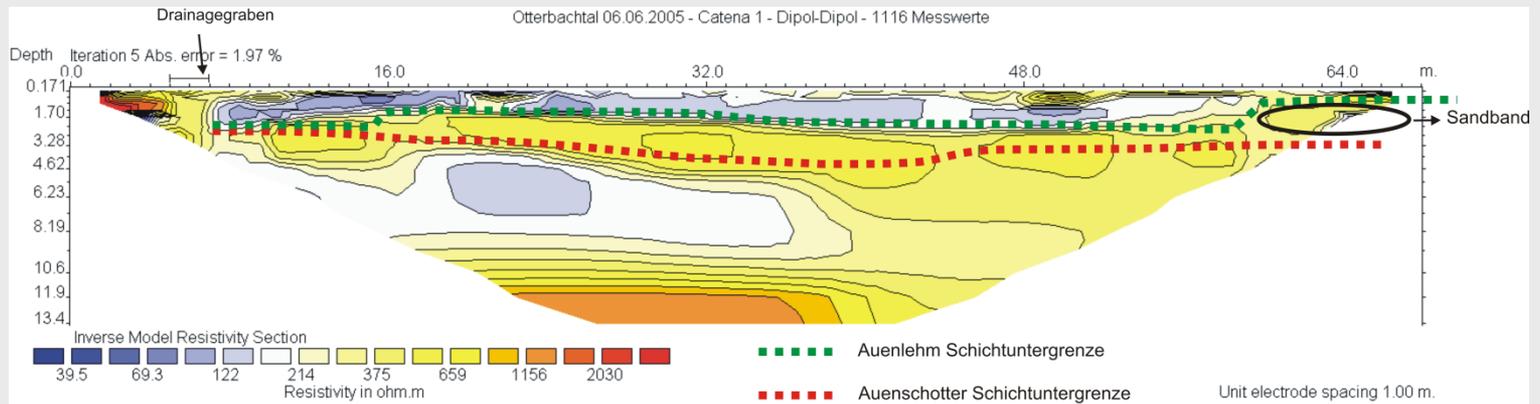
Radiokohlenstoffdatierung ^{14}C an Torf und Makroresten, kalibriert



ERL 11367-11376, 09/07, J. Völkel

Raab, Hürkamp & Völkel, Physical Geogr., 2010



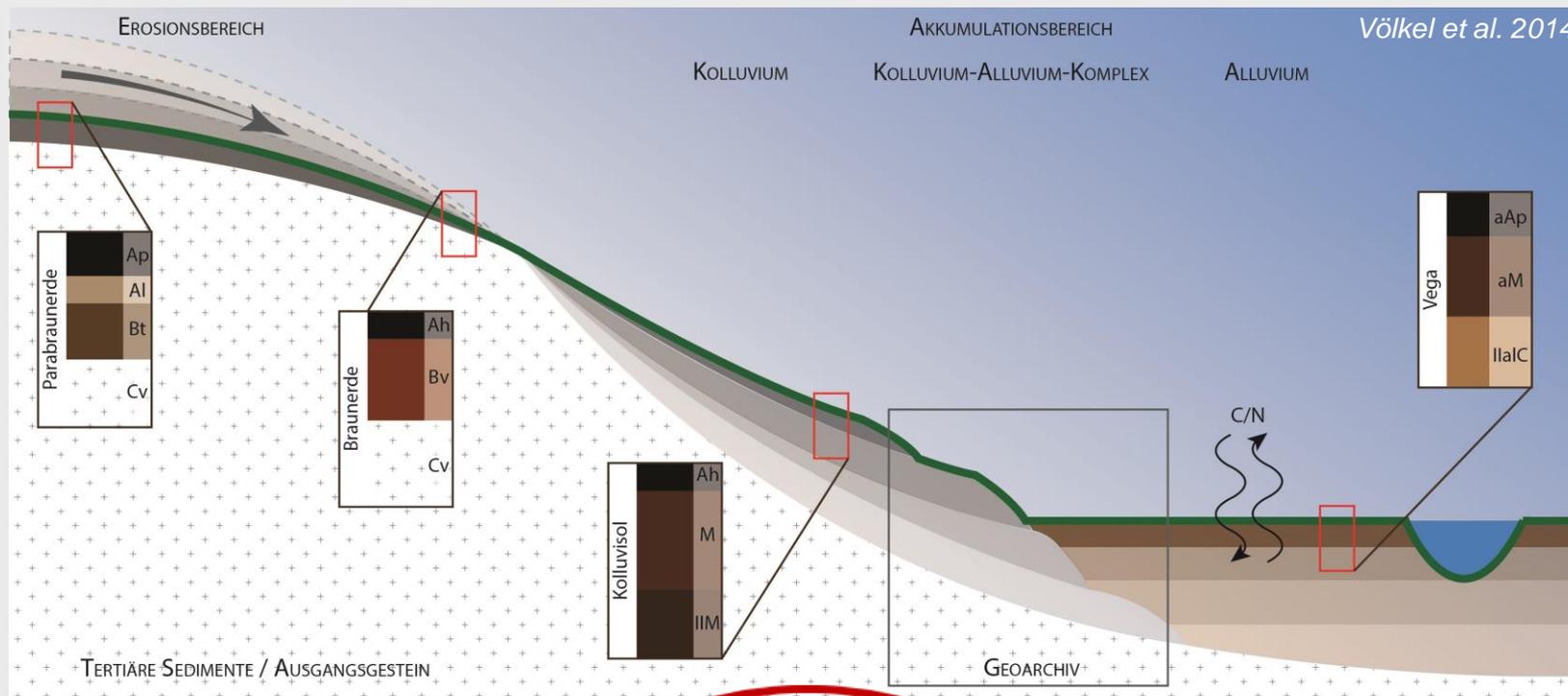


Elektrische Resistivitäts Tomographie ERT Otterbach



Rammkernbohrung Aue Otterbach

Völkel et al. 2014



AP I

- Geomorphologische Standortanalyse bezüglich Erosion, Umlagerung und Ablagerung kohlenstoffhaltiger Sedimente
- Aufbau der Kolluvial-Alluvial-Komplexe mittels drei-dimensionaler geophysikalischer Prospektion
- Rekonstruktion von Systemzuständen und Prozesswechseln im Verlauf der Landnutzungsgeschichte anhand von Datierungen im Geoarchiv Kolluvial-Alluvial

AP II

- Humusgehalt und -zustand der Böden in verschiedenen Kolluvial-Alluvial-Umgebungen
- Humusverteilung im Bodenprofil in Abhängigkeit vom Ausgangsmaterial
- Humusverteilung und -zustand in Abhängigkeit der Erosions- und Akkumulationslage im Hangprofil
- Humuszustand (klima-labil/stabil) in den Bereichen des Kolluvial-Alluvial-Komplexes in Abhängigkeit vom Ausgangssubstrat

AP III

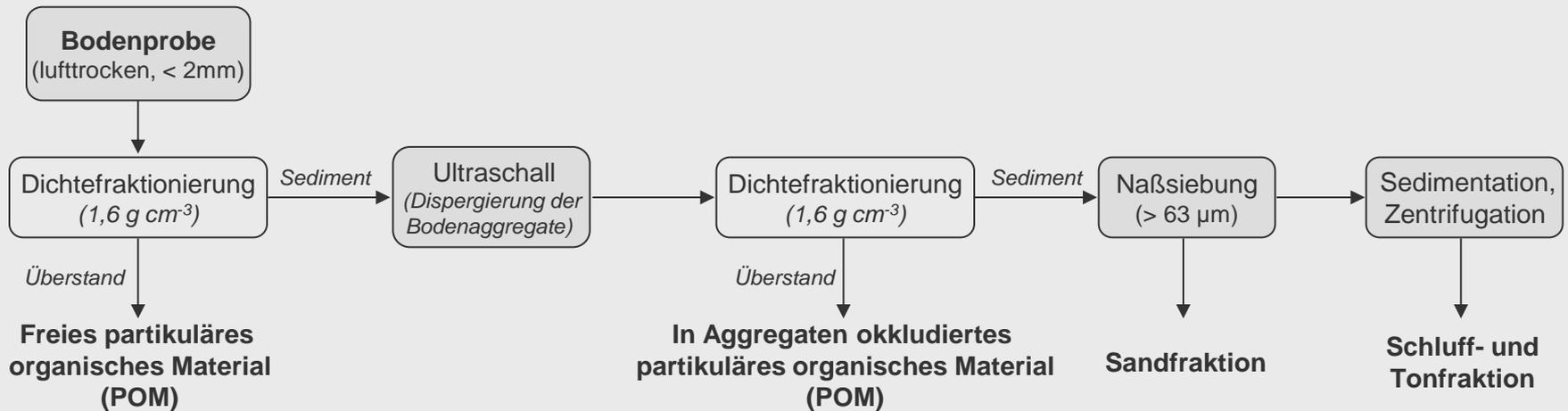
- Austausch von C- und N-haltigen Klimagasen zw. Atmosphäre und Ökosystem
- Numerische Modellierung der ursächlichen biologischen, biochemischen und physikalischen Prozesse
- Einflüsse kurz- und längerfristiger Trends (Witterung, Phänologie, Nährstoffverfügbarkeit) auf den C- und N-Haushalt der Ökosysteme

AP 2 (Kohlenstoffvorräte)

- Darstellung C- und N-Vorräte an ausgewählten Profilen innerhalb der Catenen / Pedotope (organische sowie anorganische Anteile, Problematik Dolomit)
- Fraktionierung nach Korngröße und Dichte mittels kombinierter physikalischer Verfahren
- Besondere Beachtung der Funktion der Unterböden (> 30 cm)
- Differenzierte Analyse von Speicherkapazität und Sättigung der C-Fraktion
- Handlungsvorgaben für die Bewirtschaftung des sensiblen Kolluvial-/Alluvial-Komplexes
- Ausnutzung des C-/N-Speicherpotentials für Bodenfruchtbarkeit, Wasserspeicherkapazität und Erosionsstabilität

Vorgehensweise AP 2 (Kohlenstoffvorräte)

Kombinierte Dichte- und Korngrößenfraktionierung



Quantitative Erfassung der Anteile unterschiedlich stabiler C- und N-Fractionen

- labil (freies POM)
- intermediär (in Aggregaten okkludiertes POM)
- stabil (mineralgebundener C)

Steffens et al., Plant and Soil, 2011

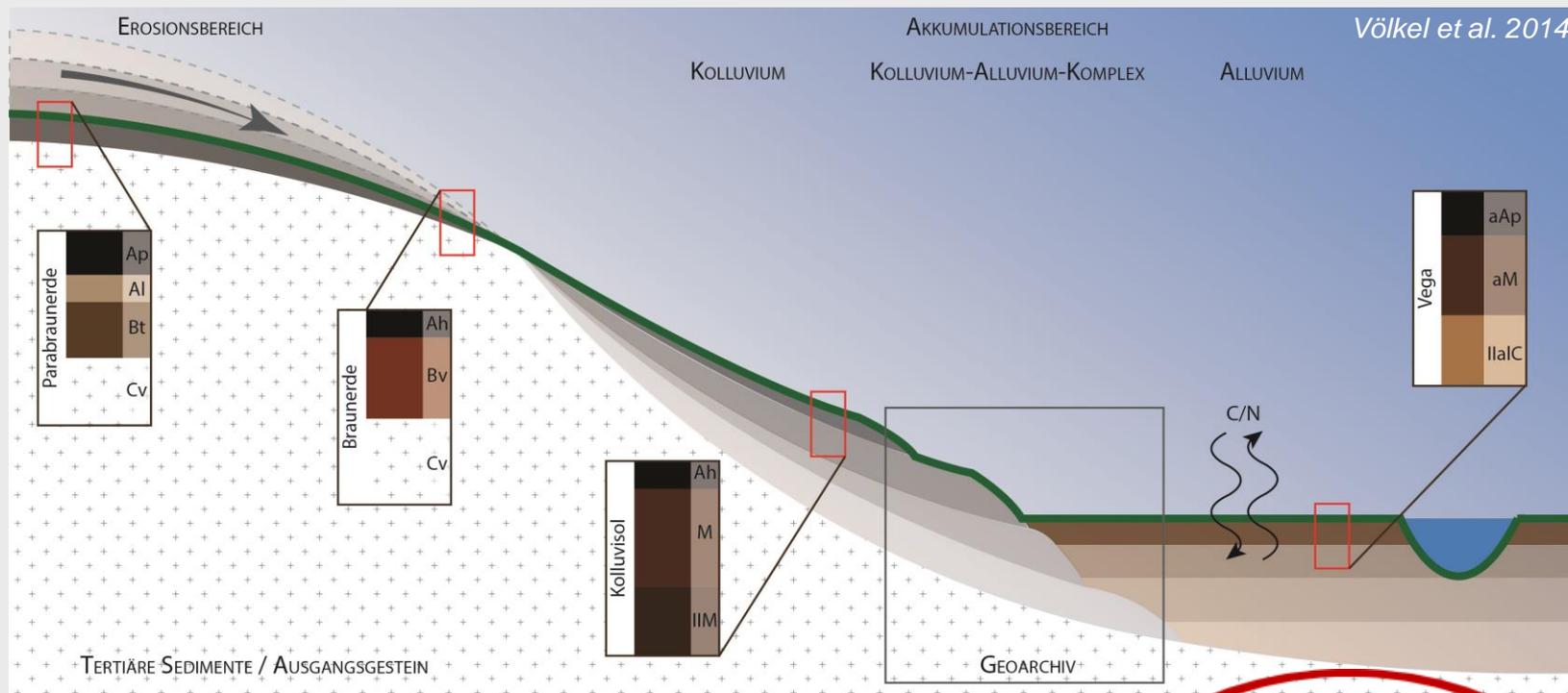
Vorgehensweise AP 2 (Kohlenstoffvorräte)

- **Fraktionierung → Modellierung**
- Anteile an labilem, intermediärem und stabilem C und N
- Basis für eine differenzierte Analyse von
 - **Speicherkapazität** der Böden für organische Substanz
 - **Sättigung** der Böden mit organischer Substanz
- **Modellierung von C-Umsätzen** möglich für ausgewählte Standorte (für die der C-Input bekannt ist oder abgeschätzt werden kann)

Vorarbeiten dazu:

Poeplau et al., Eur. J. Soil Sci., 2013

Völkel et al. 2014



AP I

- Geomorphologische Standortanalyse bezüglich Erosion, Umlagerung und Ablagerung kohlenstoffhaltiger Sedimente
- Aufbau der Kolluvial-Alluvial-Komplexe mittels drei-dimensionaler geophysikalischer Prospektion
- Rekonstruktion von Systemzuständen und Prozesswechseln im Verlauf der Landnutzungsgeschichte anhand von Datierungen im Geoarchiv Kolluvial-Alluvial

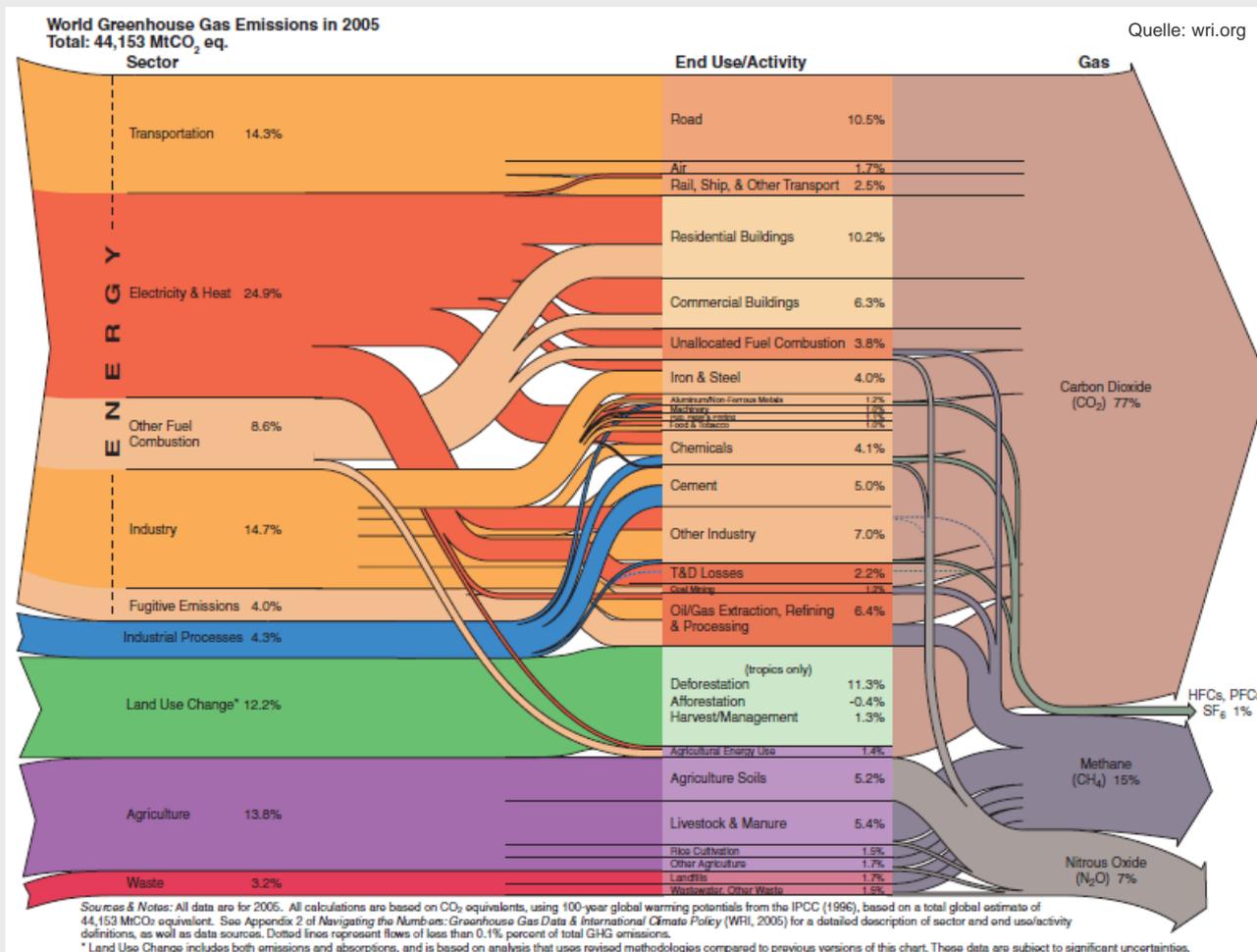
AP II

- Humusgehalt und -zustand der Böden in verschiedenen Kolluvial-Alluvial-Umgebungen
- Humusverteilung im Bodenprofil in Abhängigkeit vom Ausgangsmaterial
- Humusverteilung und -zustand in Abhängigkeit der Erosions- und Akkumulationslage im Hangprofil
- Humuszustand (klima-labil/stabil) in den Bereichen des Kolluvial-Alluvial-Komplexes in Abhängigkeit vom Ausgangssubstrat

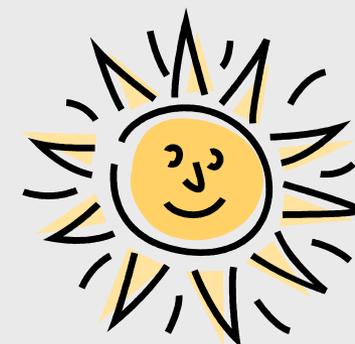
AP III

- Austausch von C- und N-haltigen Klimagasen zw. Atmosphäre und Ökosystem
- Numerische Modellierung der ursächlichen biologischen, biochemischen und physikalischen Prozesse
- Einflüsse kurz- und längerfristiger Trends (Witterung, Phänologie, Nährstoffverfügbarkeit) auf den C- und N-Haushalt der Ökosysteme

Quellen von Treibhausgasen: auch aus Land-Ökosystemen



Verstärkung des biogenen Anteils durch Klimawandel?



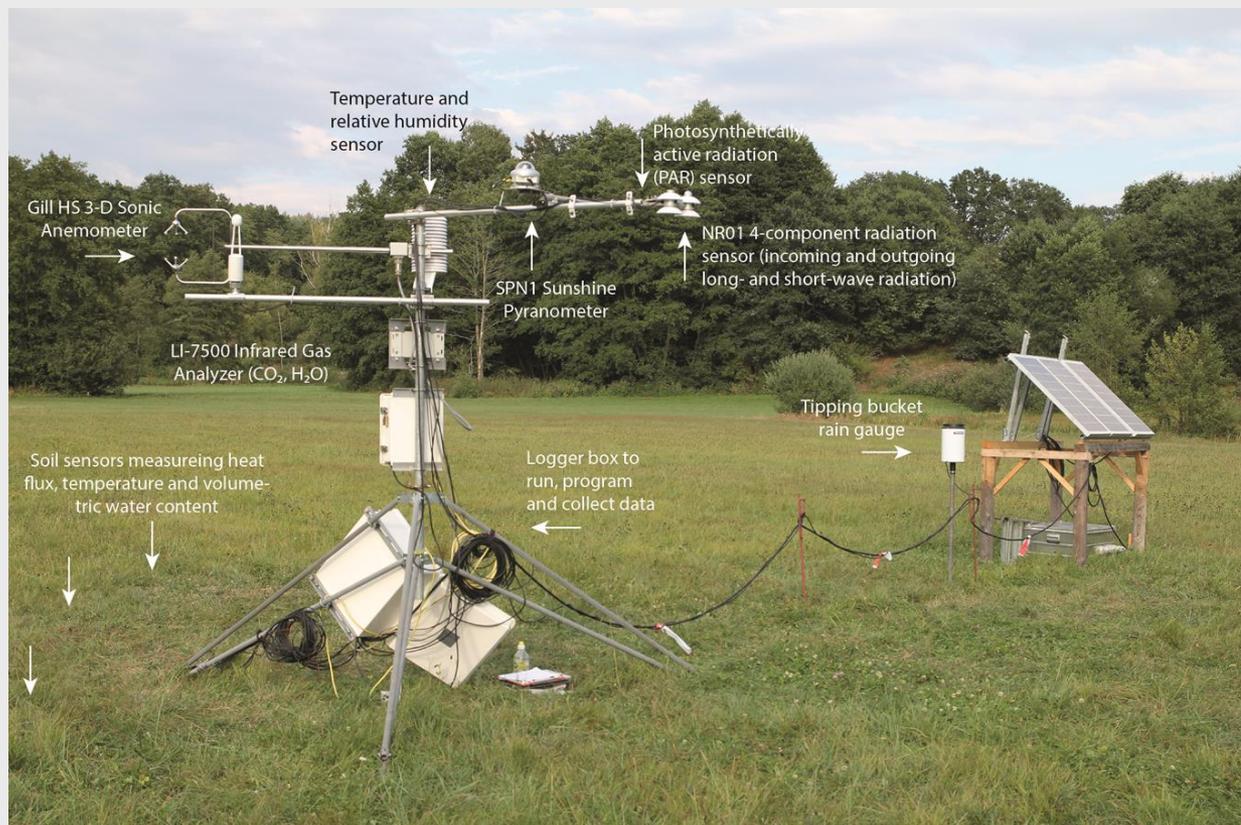
biogener Anteil

AP 3, Spurengasflüsse

- Austausch C- oder N-haltiger Spurengase zwischen terrestrischen Ökosystemen und Atmosphäre über turbulenten Transport
- Darstellung der CO₂-Nettoproduktion auf *food print*-Fläche (1 ha bis 1 km²) über EC-Flux Sensorsystem
- Alternativ Kammer-Flux System für kleinräumige Darstellung von CO₂, CH₄, N₂O und Wasserdampf u.a. am Hang und in der Aue
- Numerische Modellierung der für Austausch verantwortlichen biologischen, biochemischen und physikalischen Prozesse
- Darstellung der Einflüsse von Tages- und Saisonzyklen, Witterung, Phänologie, Nährstoffverfügbarkeit
- Formulierung langfristiger Trends für C- und N-Haushalt im terrestrischen (Agrar-)Ökosystem / in Kulturlandschaft

Vorgehensweise AP 3, Spurengasflüsse

- Messung von Austauschflüssen von CO_2 , CH_4 , N_2O und H_2O über extensiv bewirtschaftetem Grünland, EC-Station Hammermühle/Otterbach



Vorgehensweise AP 3, Spurengasflüsse

- Messung von Austauschflüssen von CO_2 , CH_4 , N_2O und H_2O über extensiv bewirtschaftetem Grünland auf verschiedenen Höhenstufen entlang einem Gradienten im TERENO-präalpin Ammer-Einzugsgebiet und TUM-CZO
- Modellierung des CO_2 Haushaltes im Gebiet des TUM-CZO / TERENO Ammer (Tages- und Saison Zyklen, Witterung, Bewirtschaftung)



Graswang (860m)



Rottenbuch (750m)



Fendt (600m)

Erwartete Ergebnisse Projektverbund

- Einfluss von Bodenerosion, kolluvialer sowie alluvialer Ablagerung auf C- und N-Speicherung in repräsentativen bayerischen Kulturlandschaften mit Modell- und *bottom up*-Charakter
- Beurteilung des C-Alters und der Reservoirfunktionen
- Belastbare Aussagen zu C- und N-Tiefenfunktionen in Unterböden von Grünlandstandorten
 - unter Bewertung der labilen und stabilen SOC-Fraktionen und der Nitrifikations- bzw. Denitrifikationsstufen
- Erfassung und Quantifizierung des Gasaustauschs Boden - Atmosphäre
- Bewertung von Managementstrategien zur C- und N-Speicherung in Böden und in der Landschaft

TUM Projektverbund

Bayerische Landschaften im Klimawandel

Kohlenstoff- und Stickstoffmobilität in Landschaften im Umbruch auf Basis kolluvialer und alluvialer Prozesse

Jörg Völkel, Ingrid Kögel-Knabner, Hans Peter Schmid

Email-Kontakt: geo@wzw.tum.de