



Modellierung der Sickerwassermengen und Nitratverlagerung sowie Beurteilung des Verlagerungs- und Abbauverhaltens für Nitrat in der ungesättigten Zone von Schwarzerden

Dr. Stephan Hannappel & Dr. Rickmann Michel

(HYDOR Consult GmbH, Ingenieurbüro BODEN u. BODENWASSER)

im Auftrag der Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau
des Landes Sachsen-Anhalt,
Bernburg-Strenzfeld, 05.04.2018



Teil 1

Standortverhältnisse und Untergrundaufbau der beiden Tiefenprofile



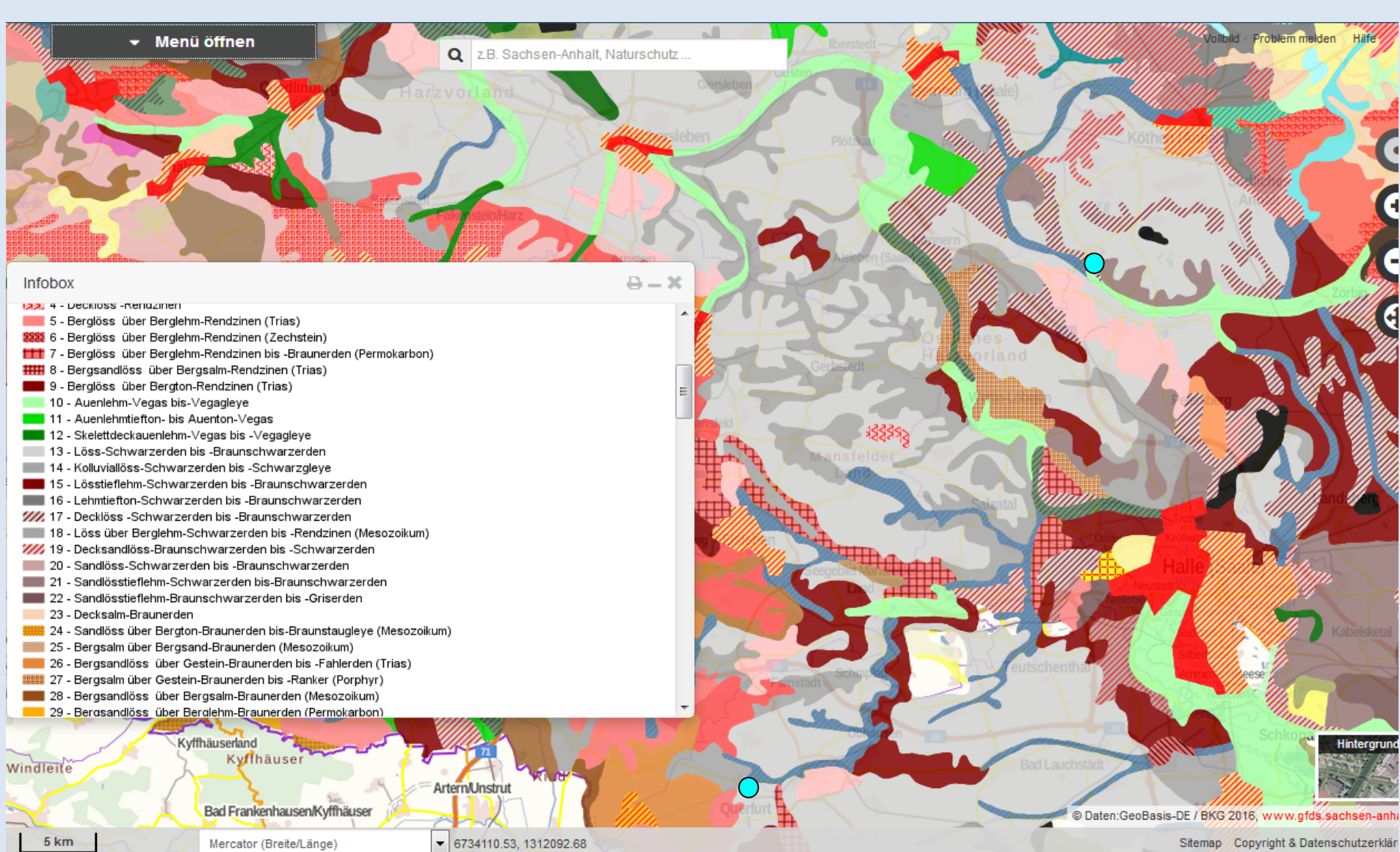
Schematische Betrachtung des Untergrundes in Bezug zur Modellierung am Beispiel eines geschichteten Standortes



Tiefe in dm		
0	Bodenzone	Modellierung der Bodenfeuchtdynamik und Verknüpfung mit Bilanzgrößen des N-Haushaltes (Ziel: Einschätzung des Austrags von Wasser und Nitrat aus der Bodenzone in die Aerationszone)
15	Aerationszone (poröses Lockersediment)	Modellierung von Feuchtdynamik (Sickerung) und Nitratdynamik
75	Aerationszone (Festgestein)	nicht betrachtet
ca. 130	Grundwasserzone	nicht betrachtet

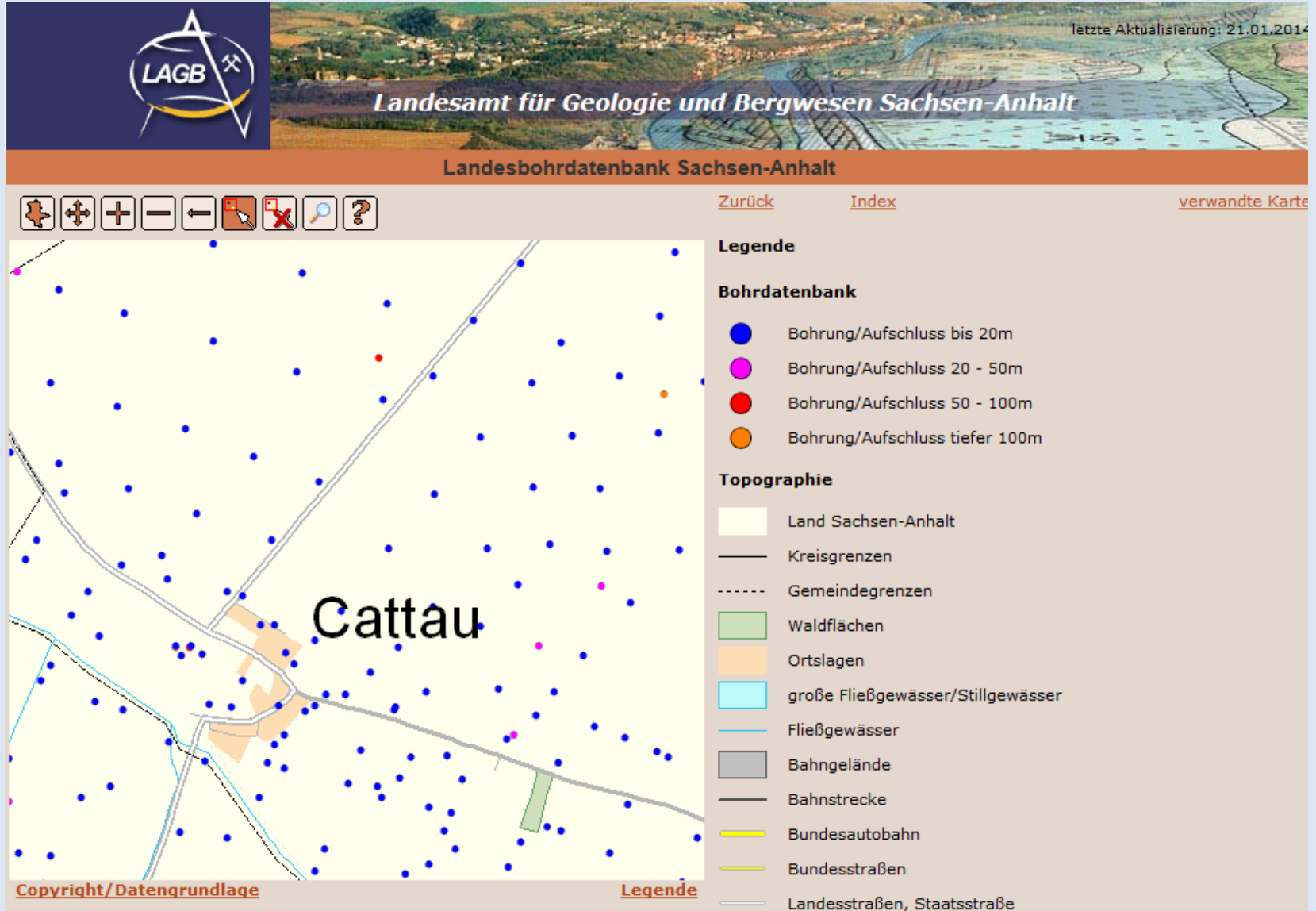
- Witterung
- Fruchtanbau
- Bodenaufbau
- N- Bilanz
- Sickerwassermenge
- Denitrifikation
- N-Austrag,
- Sickerwasserkonzentration
- Aufbau Aerationszone
- Parameter: C_{org} , pH, Temperatur
- Denitrifikation
- Konzentrationsverlauf N
- N- Austrag Aerationszone





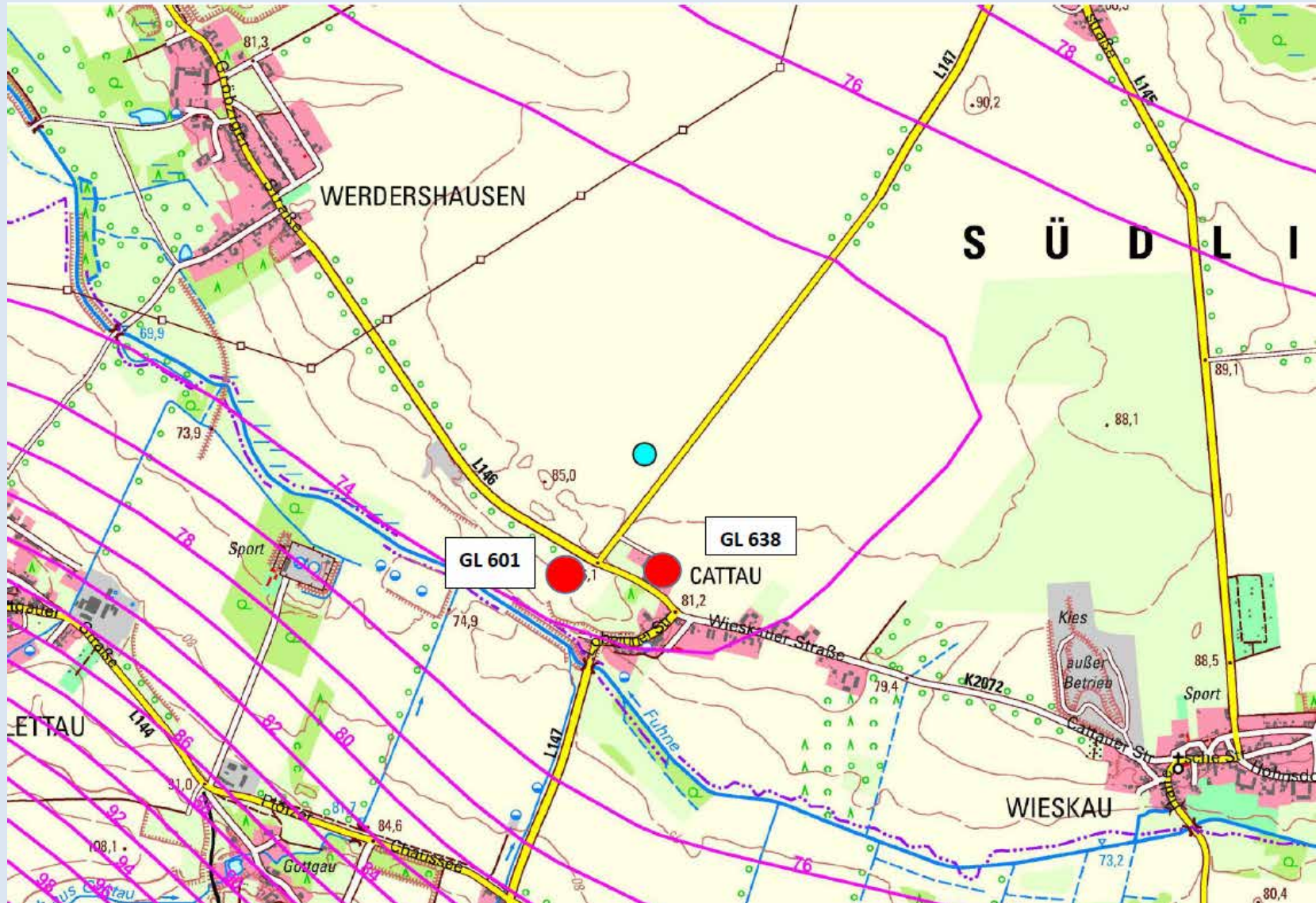


Standort Cattau: Übersichtskarte mit Bohrungen (Daten LAGB)





Standort Cattau: Übersichtskarte mit Grundwassergleichen und Bohrungen (Daten LHW & LAGB)

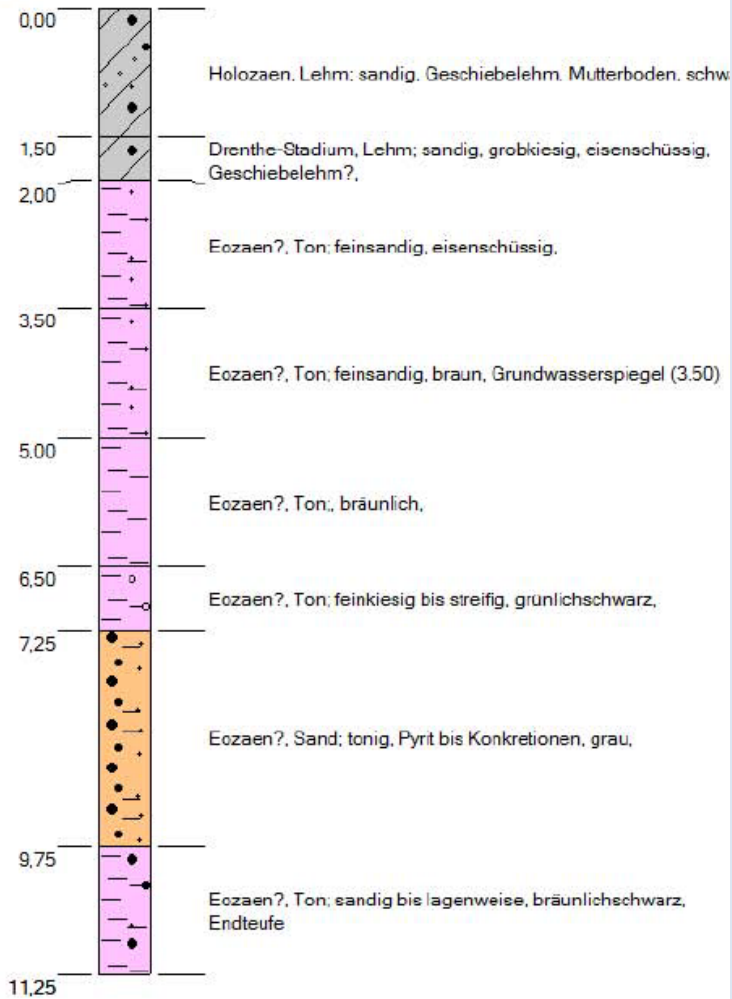




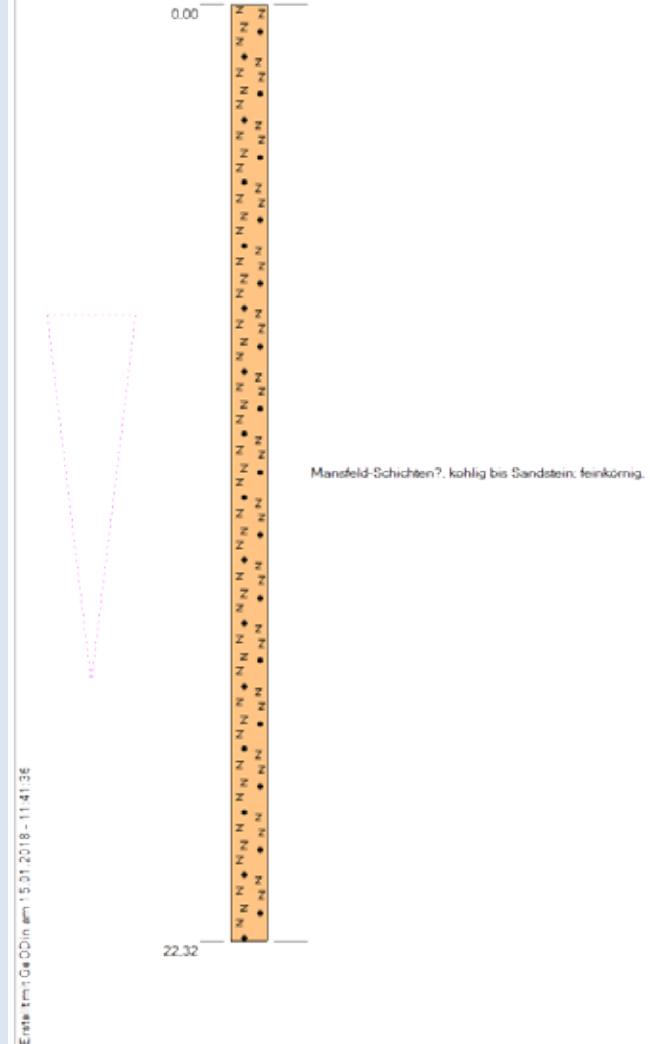
Standort Cattau: (Daten LAGB)



4337/GL/638

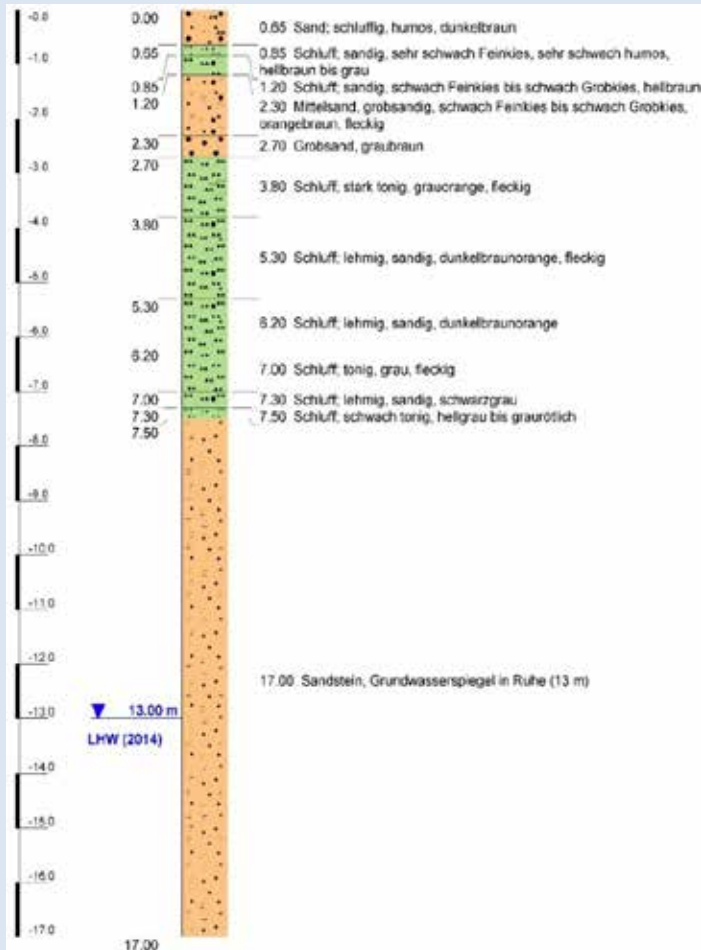


4337/GL/601





Standort Cattau: aggregiertes Schichtenverzeichnis aus Tiefenprofilansprache und Bohrungsdaten LAGB



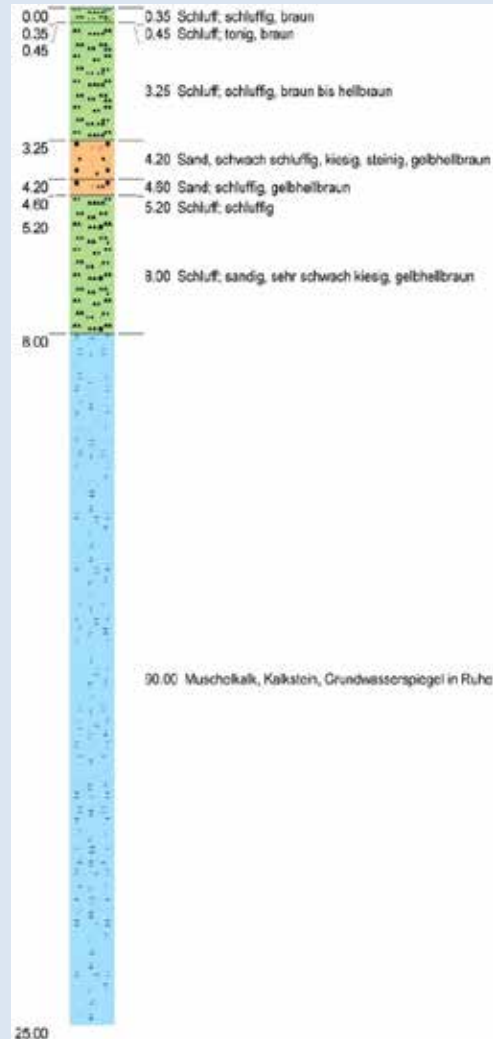
Flächenbezogene Daten (Standortaufnahme)									
Katastrangaben/ Anschrift			Versiegelungsart (Anteil)			Nutzungsart (Anteil)			
siehe Hoch- und Rechtswert			keine Versiegelung			A - Acker (100%)			
Punktbezogene Daten									
Titeldaten									
Projekt	Nitratbaubersuch „Cattau“		Profil-Nr.	Bohrung 1 (B1)		Datum	27.09.20		
Projekt-Nr.	P162023		Höhe	-		Aufschluss	B – Liner-Bo		
Lage (RW)	4493833		Lage (HW)	5724564		Umlagerungen	EA – Erosion c		
Aufnahmesituation									
Relief	Verebnung		Witterung	sonnig, trocken		Nutzungsart	Ackerfläc		
Neigung	N1 – s. schwach geneigt		Anthrop. Veränderungen			tiefeichende Bodenver			
Horizontdaten I und II									
Tiefe [m uGOK]	Bodenart	Boden-Skelett (Σ -Anteil)	Farbe	Geruch	Humus	Hydro-morphie	Feuchte/Konsistenz	Carbo-nat	Ausgangs-gestein
Auflage									
keine organische Auflage vorhanden.									
0 - 0,65	Su3	fG (5%)	dbn	G2, faulig	h3	e	ko1/feu1	c0	K
- 0,85	Us	---	hbn-gr	G0	h1	e	ko1/feu1	c5	Ua, Lo
- 1,20	Us	fG-gG (20%)	hbn	G0	h0	e	ko1/feu1	c4	Ua, Lo
- 2,30	mSgs	fG-mG (20%)	orbn, fleckig	G0	h0	e	ko1/feu1	c0	Sgf
- 2,70	gS	mGr-gGr (80%)	grbn, fleckig	G0	ho	e	ko2/feu2	c0	r
- 3,80	Ut4	fGr (50%)	gror, fleckig	G0	h0	e	ko3/feu3	c0	r
- 5,30	Uls	fGr (50%)	dbnor, fleckig	G0	h0	e	ko3/feu3	c0	r
- 6,20	Uls	fGr (50%)	dbnor, fleckig	G0	h0	e	ko3/feu3	c0	c
Bemerkung									



agregiertes Schichtenverzeichnis des Standorts Barnstädt mit Bohrungsdaten LAGB und bodenkundlicher Profilansprache



Barnstädt





Teil 2

**Modellierung des Bodenwasserhaushaltes sowie
Berechnung des N- Austrages aus der Bodenzone als
Randbedingungen und Voraussetzung zur
Berechnung der Nitratdynamik in der Aerationzone**

sowie

**Modellierung der Nitratdynamik in der
Aerationzone unter vorrangiger Berücksichtigung
des Standortes Cattau**



jährlicher N- Austrag aus der Bodenzone



als Grundansatz:

Berechnung unter Berücksichtigung von
N-Salden des Jahres
ggfs. N- Überhang, N- Defizit Vorjahr
Denitrifikation berechnet basierend auf Ansatz DENUZ
(mit Modell ZEPHYR/ZESI) berechnete Sickerwassermenge

unter bestimmten Bedingungen (Bernburg) wurde ein anderer
Ansatz verwendet:
gemessene NO_3 - Konzentrationen Sickerwasser (Saugplatten)



Sickerwassermengen, N- Salden, Denitrifikation Bodenzone, N-Austrag, Nitratkonzentration des Sickerwassers, Beispiel Standort Cattau



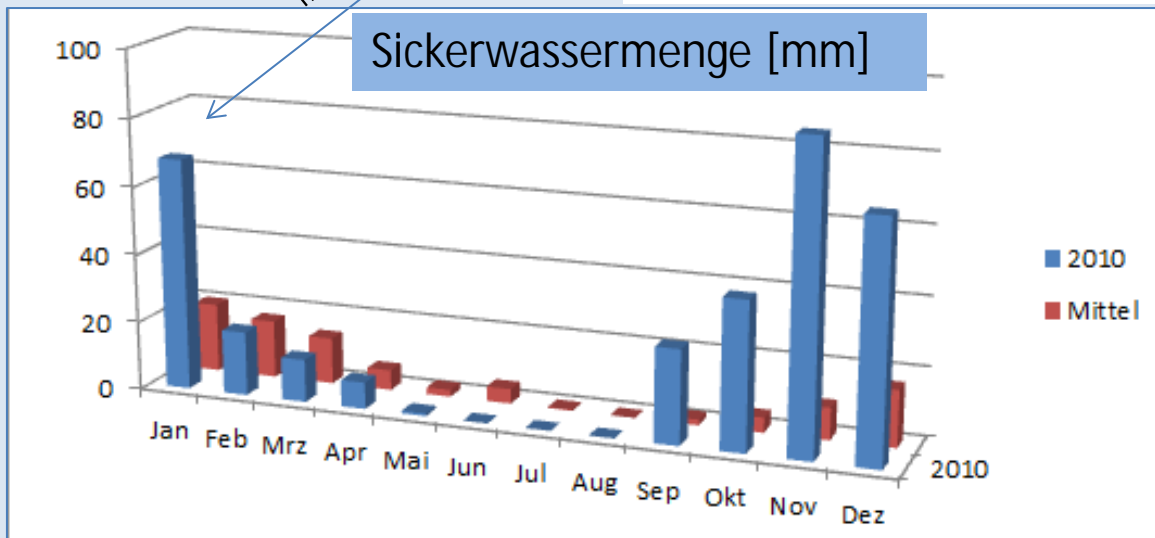
	Abfluss_aus_Boden (Sickerwassermenge)	Frucht	N_Saldo Jahr (ergeben kg N /ha* a))	D_max (DENUZ) k (Michaelis-Menten)	nFK_bst5dm [mm]	Verweilzeit (theoretisch) [Jahre]*	Verbleibendes N im Boden aus Vorjahr [kg N / (ha* a)]	N-Menge im Boden (aus Vorjahr verbleiben plus N_Saldo_Jahr)	nach Kinetik berechnete Denitrif. [kg N / (ha* a)**	verlagerbares N [kg N / (ha* a)]	verlagerter Anteil des Sickerwassers [%] (entsprechend theoret. Verweilzeit)	aus Boden verlagertes N [kg N / (ha* a)]	verbleibend im Boden [kg N / (ha* a)]	Sickerwasserkonzentr ation Nitrat [mg/l]
2005	12	Wi-Weizen	98	30	14.7	262	21.8	Annahme: 0	26	72	5	3	69	122
2006	34	Wi-Gerste	16	30	14.7	262	7.7	69	26	59	13	8	51	100
2007	85	Wi-Raps	102	30	14.7	262	3.1	51	27	126	32	41	85	213
2008	70	Wi-Weizen	1	30	14.7	262	3.7	85	26	61	27	16	44	102
2009	70	Wi-Gerste	-27	30	14.7	262	3.7	44	16	1.1	27	0.3	0.8	2
2010	336	Wi-Raps	49	30	14.7	262	0.8	1	18	32	100	32	0	42
2011	77	Wi-Gerste	34	30	14.7	262	3.4	0	21	13	29	4	9	22
2012	52	Wi-Gerste	-8	30	14.7	262	5.0	9	6	0	20	0	0	0
2013	203	Zu-Rüben	-22	30	14.7	262	1.3	0	0	0	77	0	-22	0
2014	56	Körnermais	-143	30	14.7	262	4.7	-22	0	0	21	0	-165	0
2015	68	Erbsen		30	14.7	262	3.9	-165						0***

* Verweilzeit= nFK/Abfluß ('theoretisch', da unterstellend, daß der Abfluß des Jahres auch für Folgejahre zutrifft)

** ggfs. auf N-Menge im Boden und ggfs. wegen Verweilzeit<1 Jahr reduzierte Denitrif.

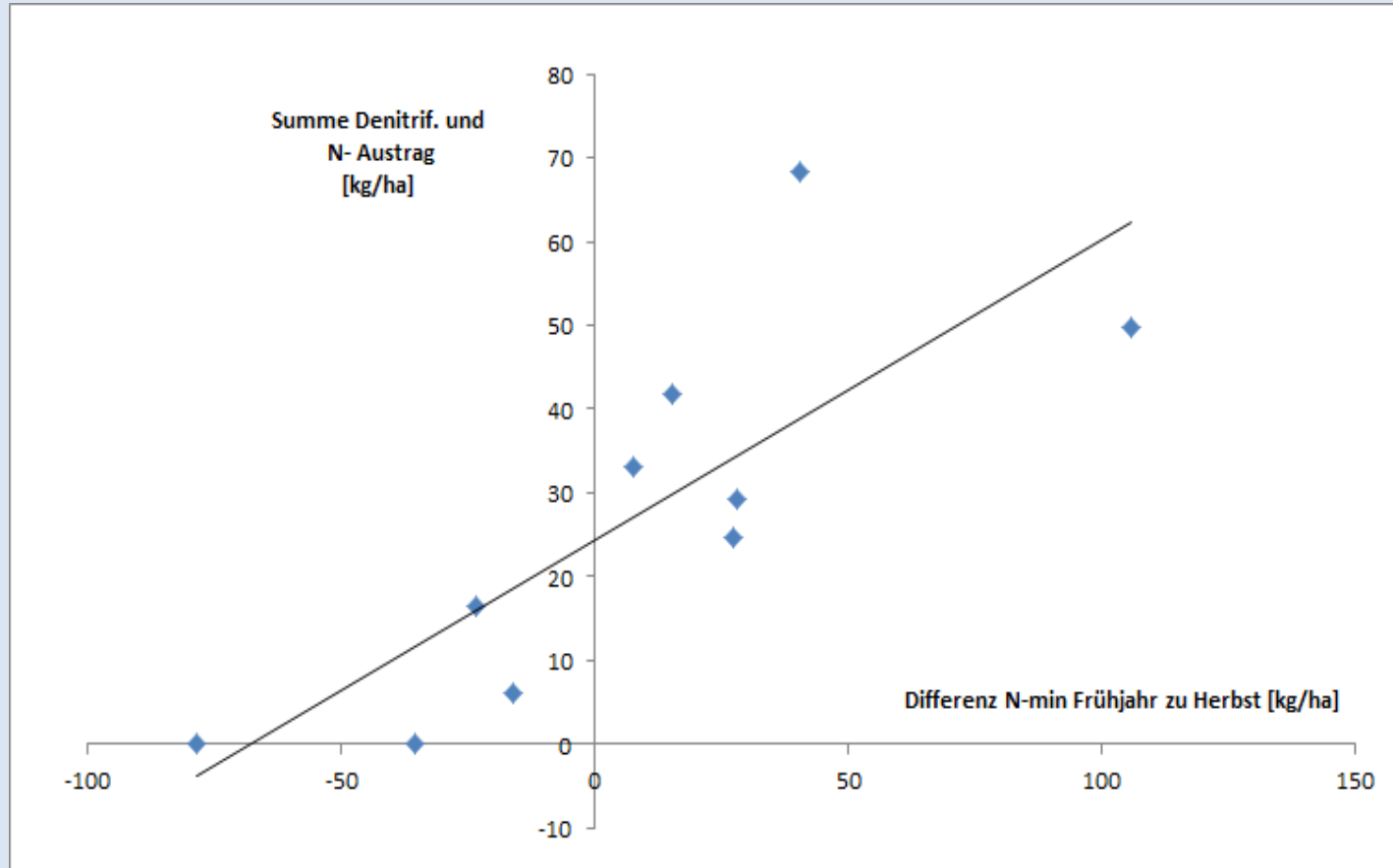
*** angenommen, da bei starkem N-Defizit Vorjahre kein A-Austrag zu erwarten (auch bei ggfs. relativ hohem Saldo 2015)

monatlich ← jährlich





Plausibilitätseinschätzung der berechneten Raten Denitrifikation und N-Austrag anhand N-min- Werte, Beispiel Standort Cattau



à an den Standorten Cattau und Barnstädt waren die berechneten Werte für Denitrifikation und N-Austrag plausibel.

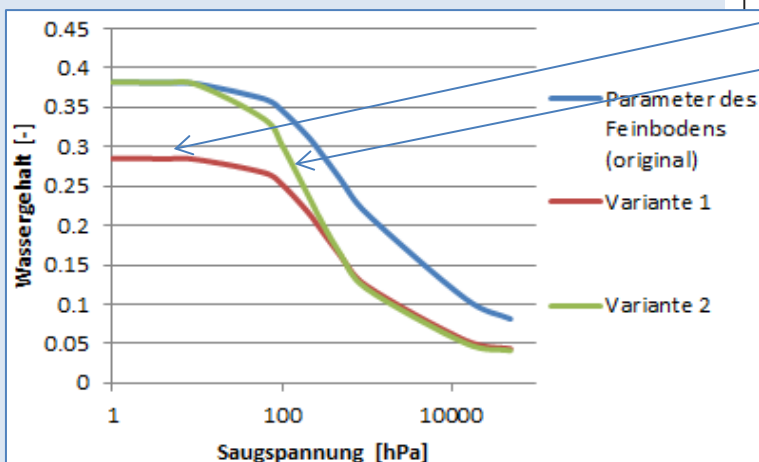


bodenphysikalische Bedingungen Aerationzone in Cattau



Schicht	Tiefe dm unter GOK	Bodenart	Skelett gehalt	Einschätzung zur Festlegung der SSV- Funktion und k- Funktion
1	15 - 23	mSgS	20%	typische Verhältnisse mSgS mit kaum erhöhten kf- Wert
2	bis 27	gS	80%	typische Verhältnisse mSgS mit etwas stärker erhöhten kf- Wert
3	bis 62	Uls - Ut4	50%	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p>Variante 1</p> <p>durch Skelettanteil (deutlicher Effekt Verminderung Wasserspeicherung, nur geringer Struktureffekt) Reduzierung Wassergehalte im Bereich Porenvolumen auf ca. 75%, Bereich Feldkap. 66 %, Welkepunkt 50% gegenüber typischen Kennwerten des Feinbodens. kf unverändert</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>Variante 2</p> <p>durch Skelettanteil (deutlicher Effekt Verminderung Wasserspeicherung, jedoch starker Struktureffekt) keine Reduzierung Wassergehalte im Bereich Porenvolumen, Bereich Feldkap. ca. 75 %, Welkepunkt 50% gegenüber typischen Kennwerten des Feinbodens, kf leicht erhöht</p> </div> </div>
4	bis 73	Uls - Ut3	75%	für die Wasserspeicherung gleichgesetzt, wodurch si Werte etwas erhöht
5	bis 75	Ut2	95%	

Schicht	Tiefe dm unter GOK	Sättigungswasser- gehalt WS [-]	gesätt. Leitfähigkeit KS [cm/s]	Genuchten- Parameter		Restwasser- gehalt TR [-]	Parameter Mualem l	
				alpha	n			
1	15 - 23	0.373	8.00E-02	0.03629	3.5000	0.03038	1	
2	bis 27	0.373	1.00E-01	0.03629	3.7500	0.03038	1	
3	bis 62	Variante 1	0.285	3.00E-05	0.00622	1.5500	0.03305	1.5
		Variante 2	0.382	6.00E-05	0.01000	1.6000	0.03305	1.3
4	bis 73	0.382	7.00E-04	0.06787	1.4370	0.05077	-1.8	
5	bis 75	0.373	4.00E-03	0.03629	3.0269	0.03038	0.2	

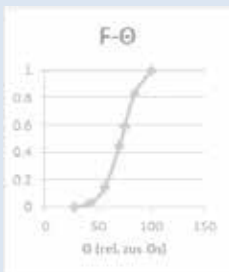
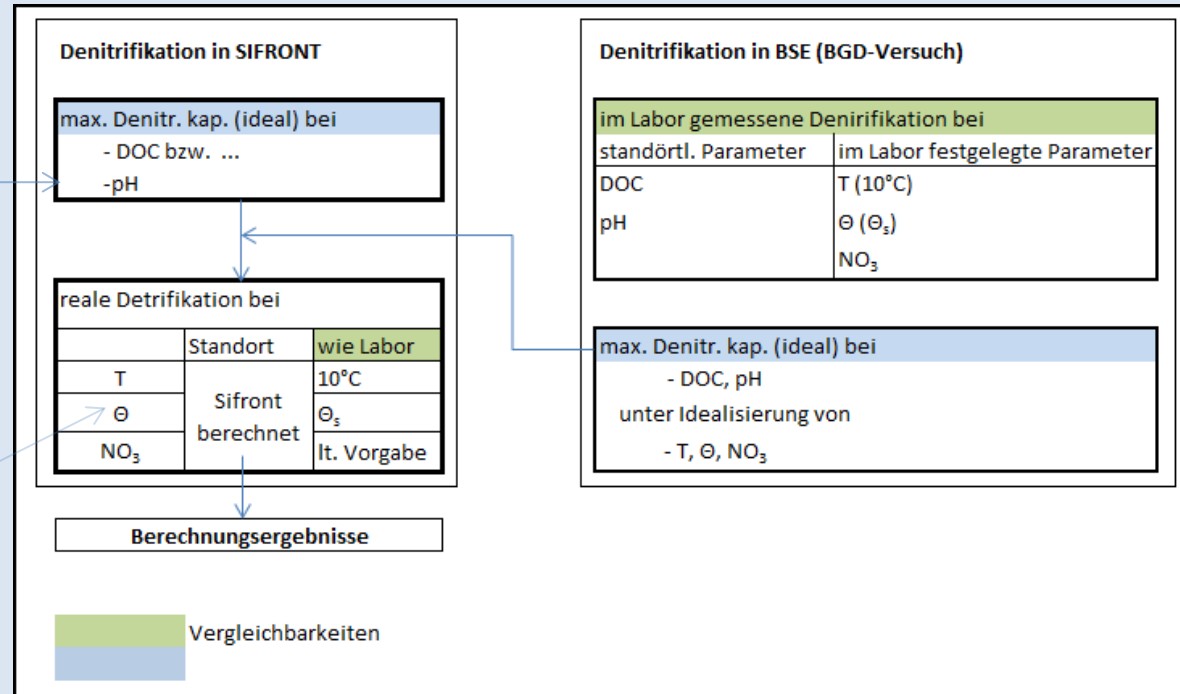




Denitrifikation in SIFRONT und entsprechend BSE (BGD-Versuch)



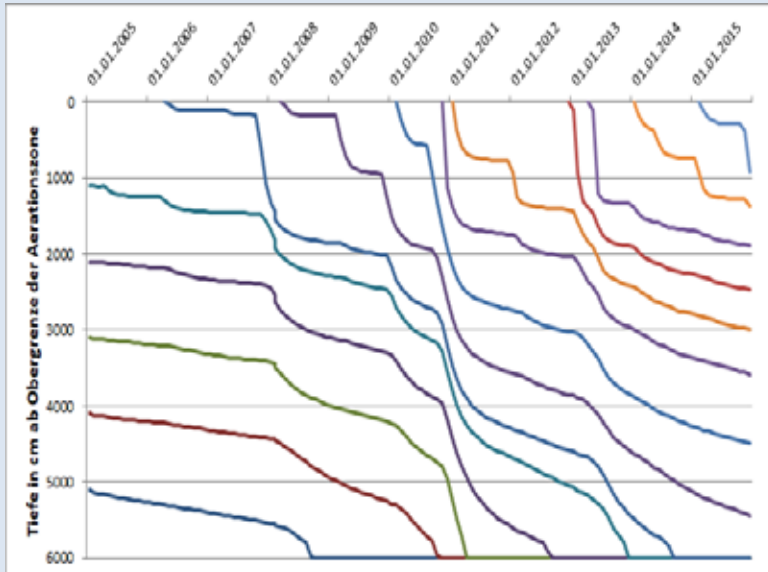
bis Tiefe in dm	DOC [mg/l]	pH
20	7	7.6
27	10	7.2
30	10	7.6
40	6	7.2
50	10.4	4.7
62	7.4	3.9
75	4	4.9



Tiefe [m]	Denitrifikationspotential mg N ₂ *kg TS Boden ⁻¹ *d ⁻¹	
	Denitrifikation in SIFRONT	Denitrif. in BSE (BGD-Versuch)
2-3	0,003	0,008
4-5	0,0007	0,0009
5-6	0,00014	0,005



Randbedingungen der Versickerung mit Relevanz für die Nitratdynamik in der Aerationzone, Cattau



Variante 1 (geringerer Anteil grober Poren, geringerer k_f)

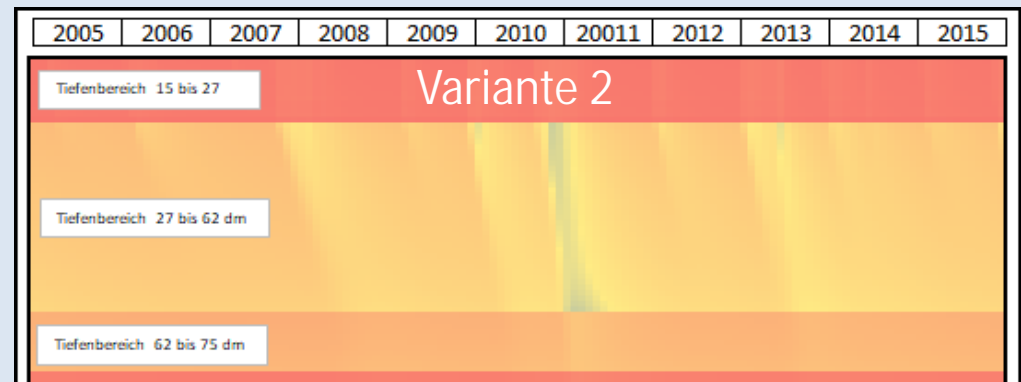
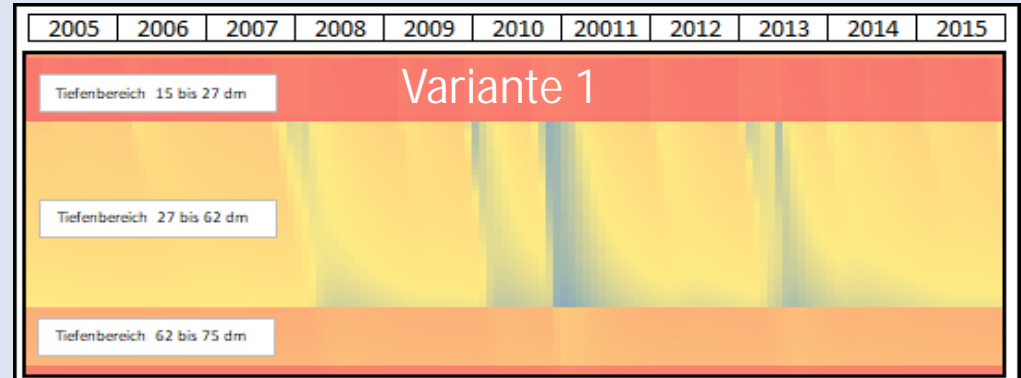
Passagedauer:
8 – 10 Jahre

typische / max. Sättigung
in Tiefe 27 – 62 dm:
50-75% / bis 92%

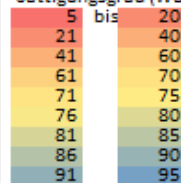
Variante 2 (höherer Anteil grober Poren, höherer k_f)

10 – 12 Jahre

bis 83%

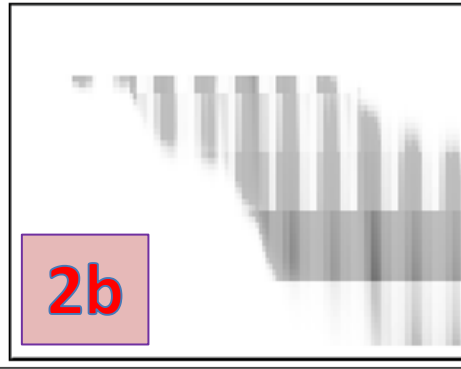
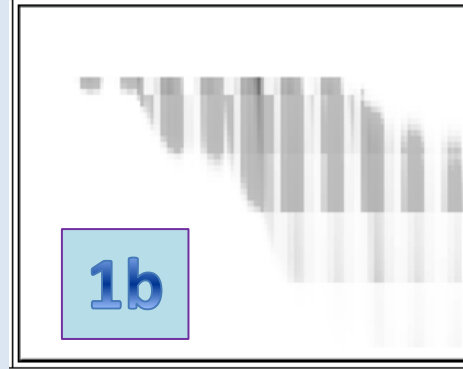
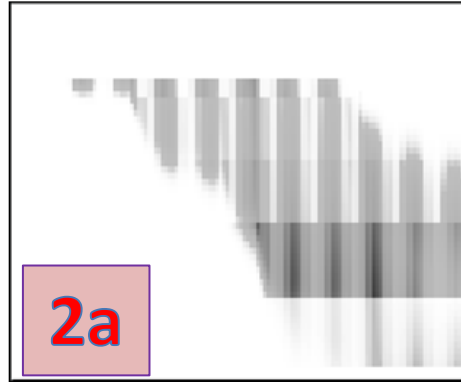
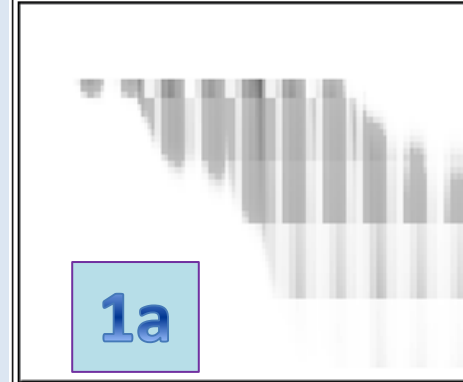
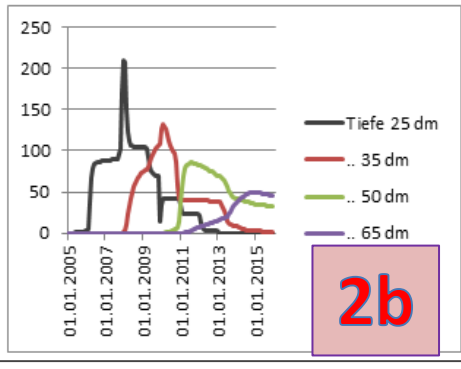
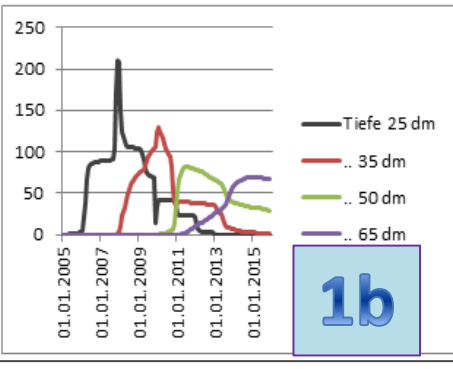
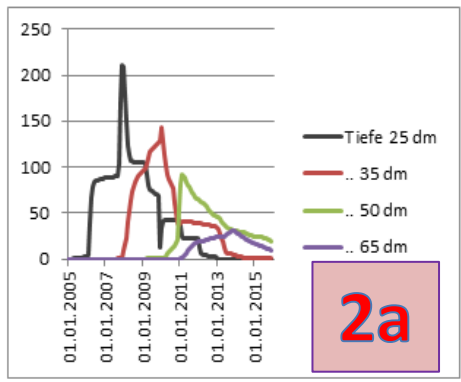
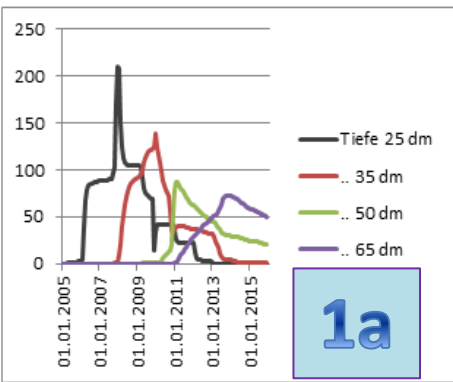


Sättigungsgrad (Wassergehalt in Relation zum Porenvolumen) in %





Verlauf Nitratkonzentration, Denitrifikationsdynamik und N- Austrag, Aerationszone Cattau



	1a	1b	2a	2b
N-Austrag	77	83	25	48
Denitrifik.	23	16	75	52

[% des N- Eintrags]



Schlußfolgerungen für Standort Cattau



- Cattau ist ein Standort, an dem sich Unterschiede der Parameter, Differenzen zwischen den Verfahren, Unsicherheiten in der Standortansprache und im Prozeßverständnis deutlich hinsichtlich der Ergebnisse auswirken
- der Ansatz zur Bestimmung des Denitrifikationspotentials im Modell Sifront liefert bzgl. der heterotrophen Denitrifikation plausible Ergebnisse, wenn man ihn an gemessenen Werten (BSE) mißt
- die dennoch erheblichen Unterschiede in den Ergebnissen bzgl. der Verfahren resultieren vor allem aus Berücksichtigung/ Nichtberücksichtigung der autotrophen Denitrifikation; ein Modellansatz der autotrophen D. sollte entwickelt werden
- auch bei Wasser- Sättigungsgraden deutlich unter 100% ist (lt. Modellierung) bei vorhandenem Denitrifikationspotential noch Nitratabbau in deutlichem Umfang möglich
- es bestehen Unsicherheiten in Details bei der Charakteristik des Standortes bei skelettreichen Standorten, welche für die Berechnung der Nitratdynamik zumindest am Standort Cattau relevant sind



Schlußfolgerungen für Standort Barnstädt



nahezu vollständige Denitrifikation wegen

- vorhandenes ausreichend hohes Denitrifikationspotential
- auch unter recht trockenen Bedingungen durch hohen Schluffgehalt noch relativ hohe Wassersättigung des Bodens (60 – 70%)
- extrem langsame Sickerwasserbewegung und damit hohe Aufenthaltszeit (60 Jahre) des Wassers in der Aerationzone (vorrangiger Grund: sehr geringe Sickerwasserrate von im Mittel 24 mm/Jahr)

Zeitraum Eintrag N in Aerationzone											Zeitraum Extrapolation (ohne N-Eintrag, mittl. Jährliche Sickerrate)			
2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2035

dm

15

(Schluffe)

33

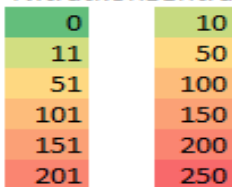
(Sande,

46

(Schluffe)

80

Nitratkonzentration [mg/l]



Nitratkonzentration als räumliche und zeitliche Entwicklung, Barnstädt