

Räumliche Abschätzung der Kupferbelastung infolge historischer Pflanzenschutzmitteleinträge im Weinbau – Erarbeitung einer Methodik an zwei Modellregionen in Deutschland

Matthias Trapp¹, Bernd Altmayer², Kai Thomas¹, Wolfram König³, Tobias Frische³

¹ RLP AgroScience, Breitenweg 71, 67435 Neustadt an der Weinstraße

² DLR Rheinpfalz, Breitenweg 71, 67435 Neustadt an der Weinstraße

³ Umweltbundesamt, Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau

matthias.trapp@agrosience.rlp.de

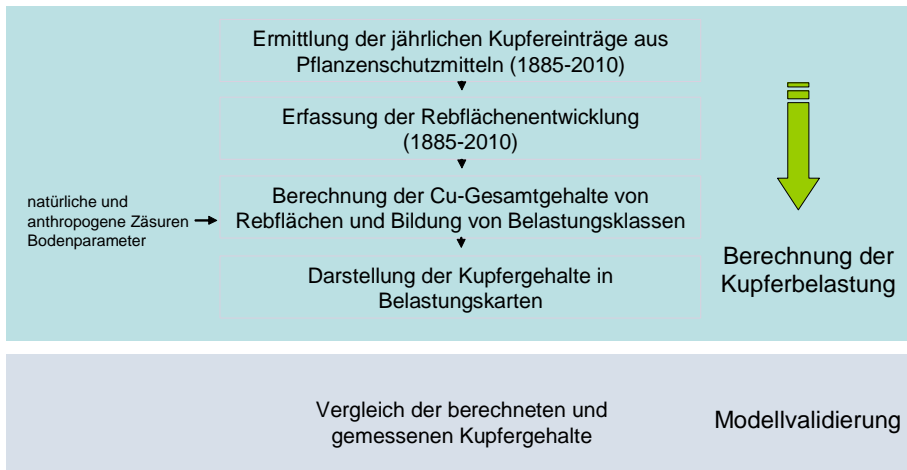
Das Ziel des im Vortrag vorgestellten Projektes war, anhand von zwei ausgewählten Teilgebieten in deutschen Weinanbauregionen ein Modell zu entwickeln, mit dem typische Erwartungswerte von Kupfer in Weinbergböden räumlich vorausgesagt werden können. Die Modellberechnungen basieren dabei hauptsächlich auf der Dauer der Weinbergnutzung und typischen Kupfereinträgen durch Pflanzenschutzmittel in der Vergangenheit, wobei auch standortspezifische Bodenparameter wie Kupfer-Hintergrundwerte, Bodentextur und Bodenbearbeitung in das Modell eingeflossen sind.

Ideale Voraussetzungen im Sinne einer sehr guten Datenbasis boten sich für die Projektrealisierung in Rheinland-Pfalz. Sowohl digitale Kartenwerke und Kupfer-Oberbodenmesswerte des Landesamtes für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht als auch bereits in Bodenzustandsberichten (Landesamt für Geologie und Bergbau) veröffentlichte Kupferbodengehalte sowie zahlreiche Archivdaten über Weinbergspritzungen in den letzten 115 Jahren existieren für weite Teile des Bundeslandes. Letztlich wurden zwei Teilgebiete an der Mosel und an der Pfalz für die Untersuchungen ausgewählt. Für beide Gebiete war die digitale Datenbasis überdurchschnittlich gut.

Mit dem Projekt ist es erstmalig gelungen, für südwestdeutsche Anbauggebiete die Kupfereinträge in Weinbergböden über Pflanzenschutzmittel seit 1886 zu bilanzieren. Damit steht eine neue Datenbasis für modellbasierte Abschätzungen der Kupferanreicherung in Weinbergböden zur Verfügung. Darüber hinaus ließ sich das räumliche Ausmaß der Bewirtschaftung von Weinbergflächen seit 1886 in beiden Modellgebieten (Schweich/Trier, Bad Dürkheim) gut erfassen. Auf der Basis der verwendeten historischen Karten (Maßstab 1:25.000) lassen sich gebietsspezifische Aussagen zur Entwicklung der Flächennutzung im Weinbau ableiten, die jedoch nicht ohne Weiteres auf andere Anbauggebiete und -regionen oder auf das gesamte Bundesgebiet übertragen werden können. Die Validierung des Modells zeigte eine gute Übereinstimmung der berechneten und der gemessenen Kupferwerten in Weinbergböden in der Mosel und eine tendenzielle Überschätzung in der Pfalz. Als Hauptursache für die stärker überschätzten Modellvorhersagen in der Pfalz wird die fehlerbehaftete Extrapolation der Weinbergnutzung vor 1934 (aufgrund fehlender historischer Informationen) angesehen. Im Ergebnis zeigen nicht unerhebliche Flächenanteile der untersuchten Weinbauflächen deutlich erhöhte modellierte Kupfer-Gehalte im Boden oberhalb der Vorsorgewerte der BBSchV und oberhalb der typischen Hintergrundwerte. Diese Tatsache ist ebenfalls aus Einzelmessungen der Bundesländer bekannt. Die Modellergebnisse bestätigen ferner die Annahme, dass die Nutzungsdauer der Weinberge ein entscheidender Parameter für die Kupferanreicherungen im Boden aufgrund von Pflanzenschutzmitteleinträgen ist. Im Untersuchungsgebiet an der Mosel werden zum Beispiel vor allem für die langjährig genutzten Steillagen hohe Kupfergehalte im Oberboden vorausgesagt. Allgemein

gilt: Je besser die historische Flächennutzung bekannt ist, desto genauer lassen sich die Schwermetalleinträge durch Pflanzenschutzmittel in den Boden abschätzen.

Methodik* - Ablauf der Modellstudie

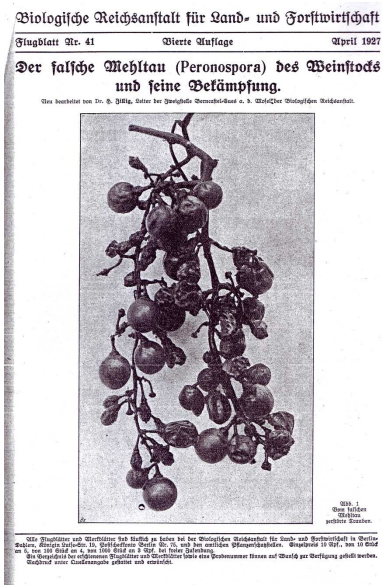


*) Die angewandte Methode basiert auf der schweizerischen Studie von Studer et al. (1995)

Agroscience



Methodik - Ermittlung der jährlichen Kupfereinträge aus Pflanzenschutzmitteln (1885-2010)



Wertvolle Informationsquelle: amtliche Rebschutzberatung



- **Sichtung historischer Quellen**
zur Kupferanwendung: z. B. Beratungsempfehlungen, Fachartikel, Versuchsberichte, Pflanzenschutzmittelverzeichnisse
- **Festlegung von Zeitabschnitten**
nach etwa gleichen produktionstechnischen, wirtschaftlichen oder politischen Bedingungen
- **Abschätzung der jährlich ausgebrachten Kupfermengen**
nach Angaben zu Anwendungshäufigkeit, Aufwandmengen und Anwendungskonzentrationen

Agroscience



Zeitabschnitte:

Zeitraum	Prägende Ereignisse	Cu-Eintrag kg/ha/Jahr Ø
1887 - 1914	Erstes Auftreten der Peronospora, Beginn erster Weltkrieg, Bordeauxbrühe, erste Spritzgeräte (Platz)	21
1915 - 1918	1. Weltkrieg, Metallknappheit, teilweise Cu-freie oder Cu-reduzierte Ersatzmittel, geringere Anwendungskonz.	15
1919 - 1940	Inkubationskalender, Nosperal, Nosperit (Hoechst), Kupferkalkbrühe noch vorherrschend, Motorpumpen	45
1941 - 1945	Cu ist „kriegswichtiger Rohstoff“, kupferfreie Mittel von Schering, Kupfersparmittel, Kupferfertigpräparate, KKB mit max. 1 % empfohlen	26
1946 – 1950	KKB „bestes und billigstes Mittel“, PSM-Verzeichnis von 1948: außer Fuklasin nur Cu-Mittel	35
1951 - 1955	Kupferhaltige Mittel noch dominant, Kupferfertigpräparate häufiger, verbesserte Applikationstechnik, KKB rückläufig	42
1956 - 1959	KKB noch häufig, Akzeptanz für organische Fungizide nimmt zu, Grün-Weißspritzmittel kommen auf	17



Nur seit Ende des 2. Weltkrieges

1946 – 1950	KKB* „bestes und billigstes Mittel“, PSM-Verzeichnis von 1948: außer Fuklasin nur Cu-Mittel	35
1951 - 1955	Kupferhaltige Mittel noch dominant, Kupferfertigpräparate häufiger, verbesserte Applikationstechnik, KKB rückläufig	42
1956 - 1959	KKB noch häufig, Akzeptanz für organische Fungizide nimmt zu, Grün-Weißspritzmittel kommen auf	17

*Kupfervitriolkalkbrühe („Bordeaux-Brühe“)

Alleine in 15 Jahren ca. 470 kg/ha Kupfereintrag



Zeitabschnitte:

Zeitraum	Prägende Ereignisse	Cu-Eintrag kg/ha/Jahr Ø
1960 - 1967	Bedeutung der organischen Fungizide weiter zunehmend (u. a. Zineb, Maneb, Orthocid, Metiram, Dithianon), Cu noch im NB-Bereich	10
1968 - 1978	Org. Fungizide durchgesetzt, Zulassung Benomyl erlaubt Botrytis-Bekämpfung ohne Cu, Abschluss-spritzung häufig noch mit Cu	4
1979 - 2002	Überwiegend organische Spritzfolge, Cu wieder verstärkt zur Abschluss-spritzung eingesetzt, Öko-Weinbau noch ohne große Bedeutung	2
2003 - 2010	Datenbasis Neptun, ohne Öko-Betriebe	0,5



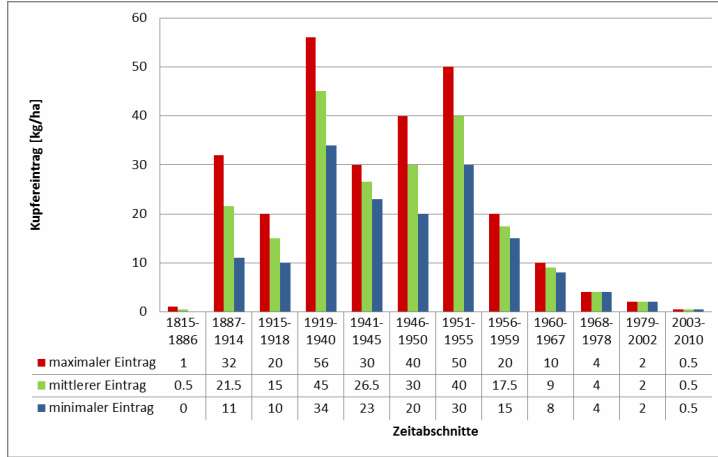
Seit Woodstock

1968 - 1978	Org. Fungizide durchgesetzt, Zulassung Benomyl erlaubt Botrytis-Bekämpfung ohne Cu, Abschluss-spritzung häufig noch mit Cu	4
1979 - 2002	Überwiegend organische Spritzfolge, Cu wieder verstärkt zur Abschluss-spritzung eingesetzt, Öko-Weinbau noch ohne große Bedeutung	2
2003 - 2010	Datenbasis Neptun, ohne Öko-Betriebe	0,5

In den letzten 32 Jahren im Mittel davon nur noch 1/15 (87 kg Cu)



Methodik - Ermittlung der jährlichen Kupfereinträge aus Pflanzenschutzmitteln (1885-2010)



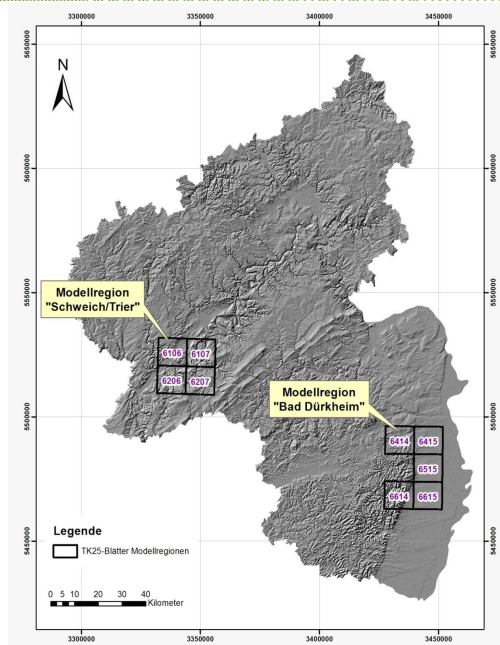
Zusammenfassende Darstellung der aus den Recherchen abgeleiteten historischen Kupfereinträge

- Für die Kupfergehaltsberechnung im Boden wurde der mittlere Eintrag verwendet.
- **Bei einer ununterbrochenen weinbaulichen Nutzung von 1885 – 2010 kommt es zu einem Kupfereintrag von rund 2400 kg/ha**



Methodik - Auswahl der Modellregionen

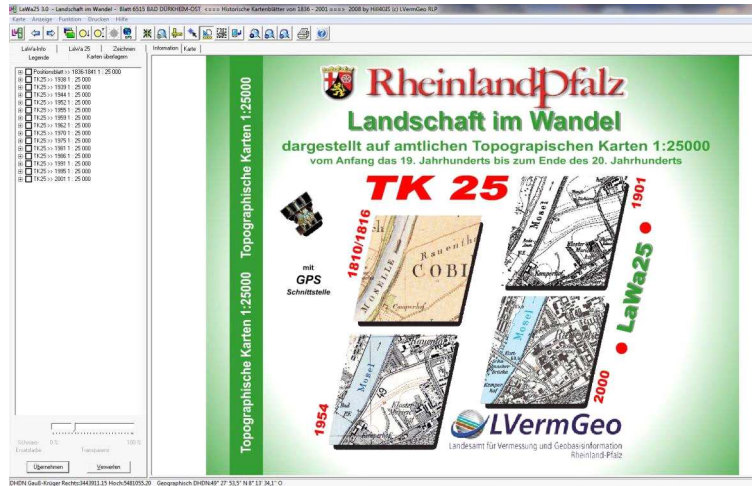
Unterschiede bzgl. Relief und Messwertdatensätzen



Methodik - Erfassung der Rebflächenentwicklung (1885-2010)

Informationen zur Landnutzung (Weinbau):

- Kartenwerk TK Landschaft im Wandel 1:25 000 (1885 – 2005)
- Aktuelle Weinbaufläche: Automatisiertes Liegenschaftskataster (ALK, Maßstab 1: 5 000)

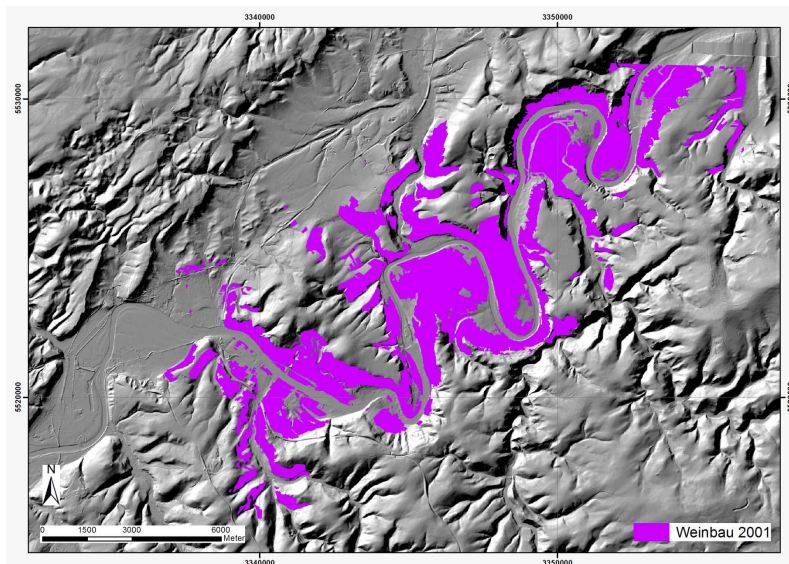


© Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz, 2008

Agroscience



Methodik - Erfassung der Rebflächenentwicklung (1885-2010)



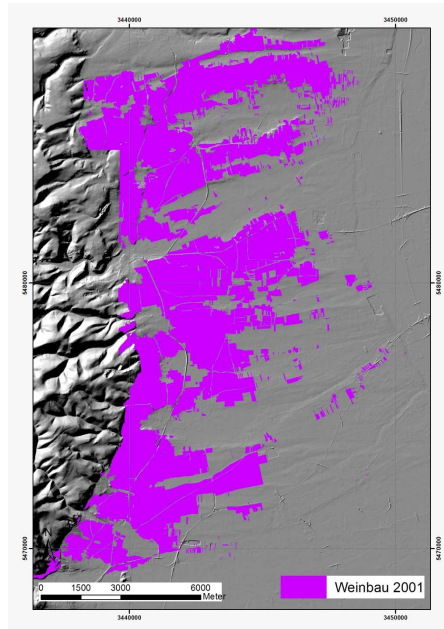
Entwicklung der Rebfläche in der Modellregion „Schweich/Trier“

Agroscience



Methodik - Erfassung der Rebflächenentwicklung (1885-2010)

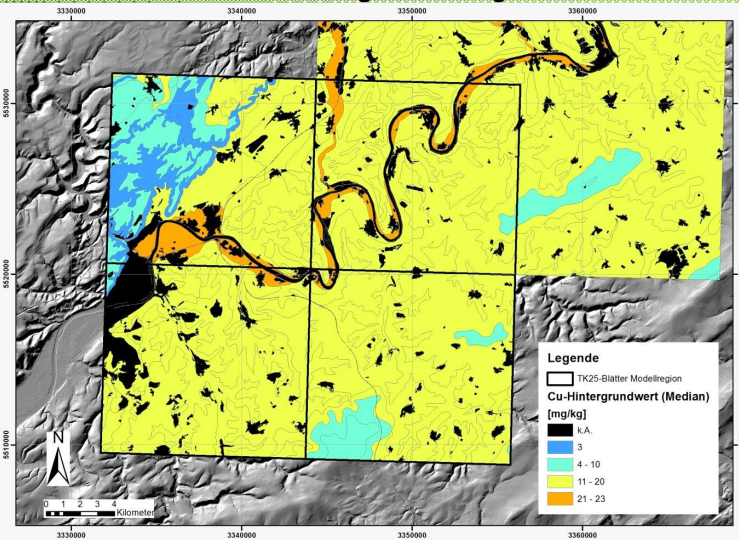
Entwicklung der Rebfläche in
der Modellregion „Bad
Dürkheim“



Agroscience



Methodik - Kartierung der Hintergrundwerte



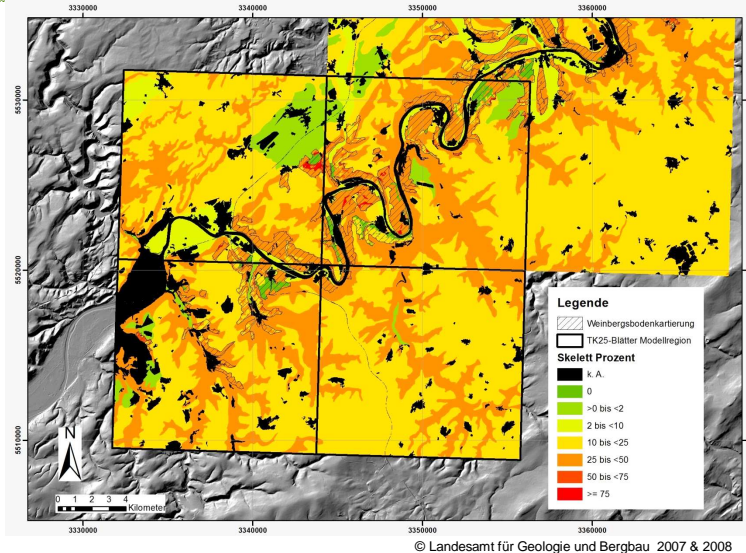
Hintergrundgehalt:

„Schadstoffgehalt eines Bodens, der sich aus dem geogenen (natürlichen) Grundgehalt eines Bodens und der ubiquitären Stoffverteilung als Folge diffuser Einträge in den Boden zusammensetzt“ (BBodSchV, 1999)

Agroscience



Methodik - Grobbodenanteil



Die Weinbergsbodenkartierung für RLP von 1987 bzw. 1990 wurde bis 2007 digital umgesetzt. Daraus wurde der **Grobbodenanteil** in das Kupfermodell integriert.

Agroscience



Methodik - Einbeziehung natürlicher und anthropogener Zäsuren

Einflussfaktoren

Run-off/Erosion:

Aufgrund fehlender Daten keine Berücksichtigung im Modell

Flurbereinigung:

Keine flächendeckende Informationen über Maßnahmen in den

Modellregionen für den gesamten Betrachtungszeitraum

Daher keine individuelle Berücksichtigung, sondern

→ **Ein generalisiertes Flurbereinigungsszenario für alle Flächen**
(alle Einträge bis 1968 werden auf 1m Bodentiefe durchmischt)

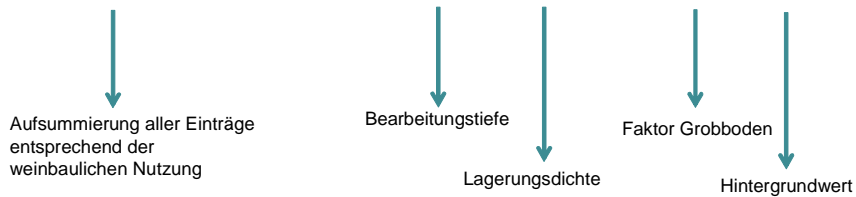
Agroscience



Methodik - Berechnung des Kupfergehalts

Formel zur Berechnung des Cu-Gehaltes einer Teilfläche
(verändert nach Studer et al., 1995):

$$\text{Cu-Gehalt} = \text{Eintrag} \times 1000 \div ((10000\text{m}^2 \times 0.5\text{m} \times 1.45\text{t/m}^3) \times (1 - G_b)) + H_w$$



Agroscience



Methodik - Berechnung des Kupfergehalts

Kupfergehaltsklassen

Für die Auswertung und Darstellung der Ergebnisse wurden Kupfergehaltsklassen nach den **Kupfervorsorgewerten** aus der BBodSchV (1999) gebildet:

- Sand (20 mg/kg),
- Schluff (40 mg/kg)
- Ton (60 mg/kg)

Klassen > 60 mg/kg in Abhängigkeit von der Überschreitungshöhe

modellierter Cu-Gehalt

[mg/kg]

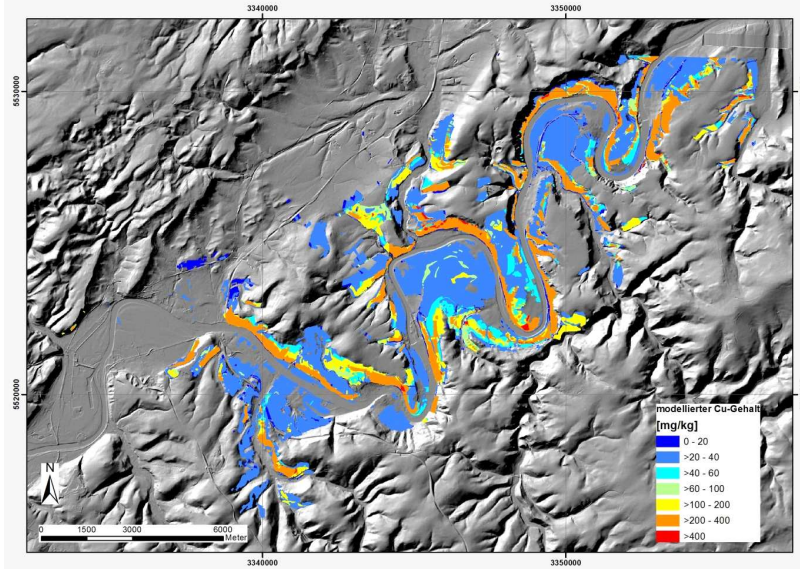
0 - 20
>20 - 40
>40 - 60
>60 - 100
>100 - 200
>200 - 400
>400

Agroscience



Ergebnisse - Modellerte Belastungskarte „Schweich/Trier“

Räumliches Muster der Kupfergehalte entspricht Dauer der weinbaulichen Nutzung

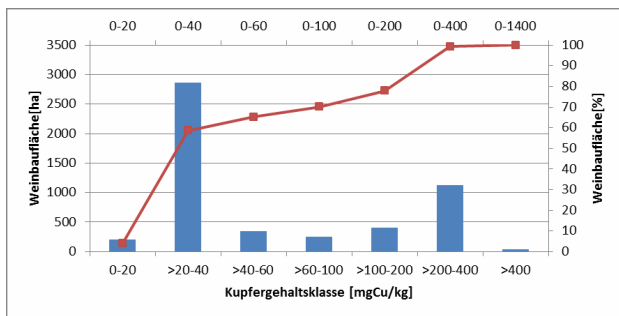


Agroscience



Ergebnisse - Flächenanteile der Kupfer-Belastungsklassen „Schweich/Trier“

Schweich/Trier [mg/kg]	
Minimum	13
Maximum	1372
flächenbezogenes 50. Perzentil	35
flächenbezogenes 90. Perzentil	286



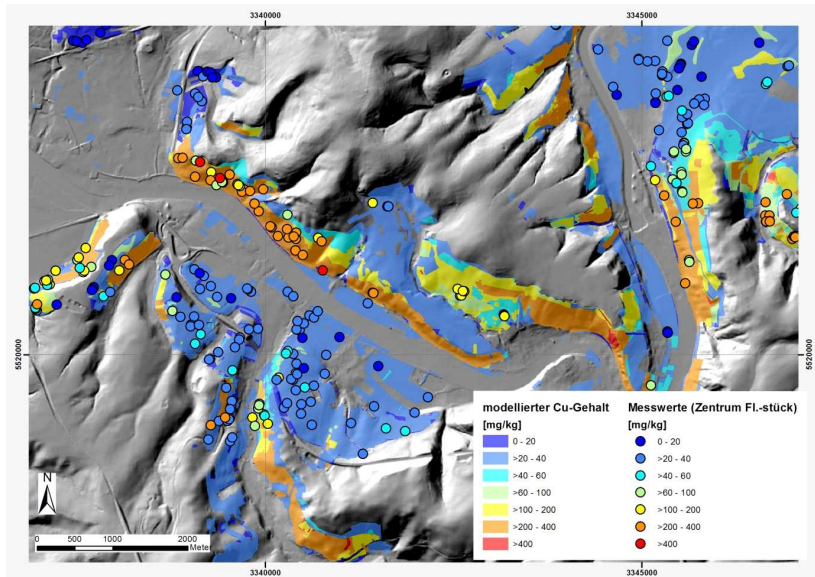
Hohe Flächenanteile in den beiden Kupfergehaltsklassen 20-40 mg/kg und 200-400 mg/kg

Agroscience



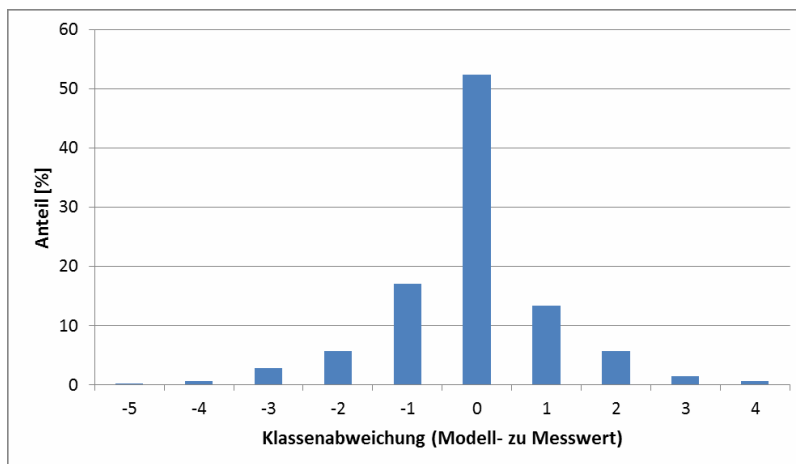
Ergebnisse - Modellvalidierung „Schweich/Trier“

Messwerte aus Bodenuntersuchungen gemäß Klärschlamm-VO (n=351)



Agroscience

Ergebnisse - Modellvalidierung „Schweich/Trier“

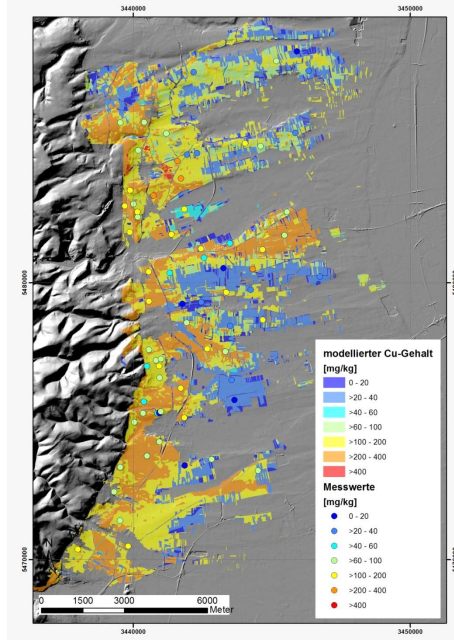


- Mehr als 50 % der gemessenen Kupferbodengehalte innerhalb der modellierten Klassengrenzen
- Ca. 80 % aller Messwerte innerhalb der modellierten Klassengrenzen ± 1
- In den Klassen 20-40 mg/kg und 200-400 mg/kg über 70% Klassenübereinstimmung

Agroscience

Ergebnisse - Modellierter Belastungskarte „Bad Dürkheim“

- Heterogeneres Bild der modellierten Kupfergehalte
- Messwerte aus der Bodenzustandsdatenbank (n=71)

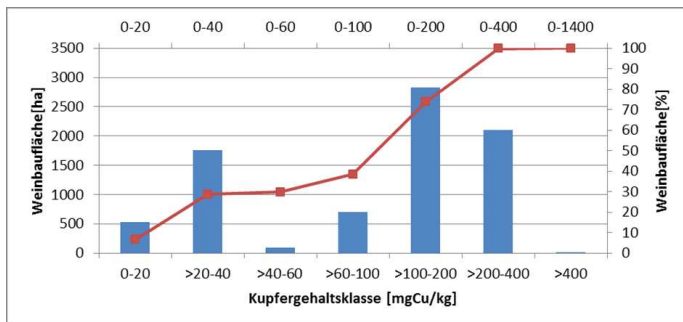


Agroscience



Ergebnisse - Flächenanteile der Kupfer-Belastungsklassen „Bad Dürkheim“

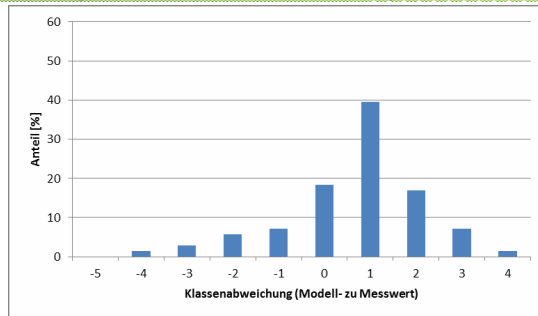
Bad Dürkheim	
[mg/kg]	
Minimum	3
Maximum	1367
flächenbezogenes 50. Perzentil	183
flächenbezogenes 90. Perzentil	284



Agroscience



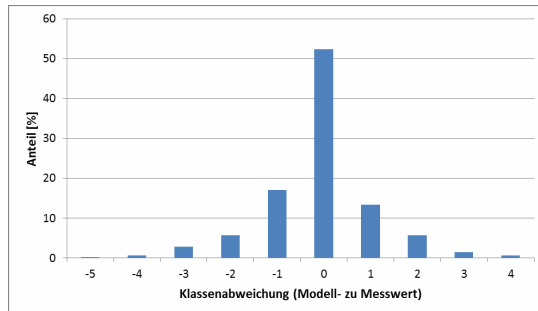
Ergebnisse – Vergleich der Modellvalidierung „Bad Dürkheim“ & „Schweich/Trier“



„Bad Dürkheim“

18 % der Messwerte innerhalb der modellierten Klasse

Ca. 65 % aller Messwerte innerhalb der modellierten Klasse ± 1



„Schweich/Trier“

50 % der Messwerte innerhalb der modellierten Klasse

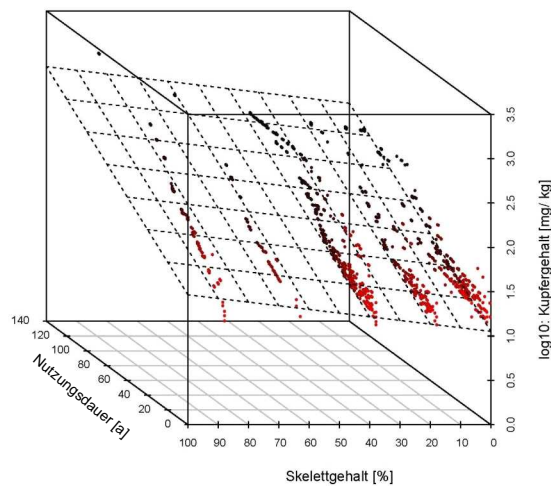
Ca. 80 % aller Messwerte innerhalb der modellierten Klasse ± 1

Agroscience



Ergebnisse - 3D-Plot: Nutzungsdauer, Skelettgehalt und Cu-Gehalte

„Schweich Trier“



Rangkorrelation Spearman:
 Skelettgehalt: $r = 0.26$
 Nutzungsdauer: $r = 0.95$

Agroscience

