
**Projekt zur bodenfunktionsbezogenen
Auswertung von Bodenschätzungsdaten für
Hessen und Rheinland-Pfalz**

– Methodendokumentation –

**Ableitung der FK für Acker aus dem
Klassenzeichen der Bodenschätzung**



OFD Koblenz &
OFD Frankfurt/Main





Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Rheingaustraße 186
65203 Wiesbaden
Ansprechpartner: k.friedrich@hlug.de
t.vorderbruegge@hlug.de



Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz
Emy-Roeder-Str. 5
55129 Mainz
Ansprechpartner: stephanus.sauer@lgb-rlp.de



Ingenieurbüro Schnittstelle Boden
Belsgasse 13
61239 Ober-Mörlen
Ansprechpartner: matthias.peter@schnittstelle-boden.de
ricarda.miller@schnittstelle-boden.de

Methodendokumentation
„Ableitung der FK für Acker aus dem Klassenzeichen
der Bodenschätzung“
– Langfassung –

Methodenabschluss: 29.03.2006
Verantwortlich: Dr. Thomas Vorderbrügge, HLUg
t.vorderbruegge@hlug.de

Methodendokumentation „Ableitung der FK für Acker aus dem Klassenzeichen der Bodenschätzung“

Entwicklungstyp

Methodenübernahme

Weiterentwicklung

Neuentwicklung ✕

Kurzbeschreibung der Methode

Für jede Bodenzahl des Ackerschätzungsrahmens sowie für alle in Hessen und Rheinland-Pfalz vorkommenden Mischentstehungsarten sowie für die möglichen Kombinationen von Schichtprofilen wird die Feldkapazität (FK) errechnet.

Grundlagen

Substrat und FK

Die Feldkapazität (Porenbereich $\leq 50 \mu\text{m}$) im durchwurzelbaren Bodenraum (FKdB) bezeichnet den Wassergehalt eines natürlich gelagerten Bodens, der sich an einem Standort zwei bis drei Tage nach voller Wassersättigung gegen die Schwerkraft einstellt. Die FK umfasst Adsorptions- und Kapillarwasser und ist im Wesentlichen substratabhängig und damit anthropogen – das heißt bewirtschaftungsbedingt – kaum veränderbar.

Die Werte für die FK reichen, je nach Substrat/Bodenart, von 10 bis 50 mm/dm. Die geringsten Werte weisen die Sande mit 10 bis 35 mm/dm, die höchsten die Lehme und Tone mit 30 bis 50 mm/dm auf. Die Schluffe liegen mit 30 bis 40 mm/dm im mittleren Bereich (AG BODENKUNDE 1982, 1994, 2005, MÜLLER 1981). Bei allen Angaben wird ein einheitlicher Wert für die Feldkapazität von pF 1,8 unterstellt.

Die Spannweite der Angaben zur FK je dm innerhalb der jeweiligen Hauptfraktionen (Sand, Schluff, Lehm und Ton) bei einer mittleren Lagerungsdichte ist vergleichsweise gering. Sie reicht bei den Sanden – mit Ausnahme des Reinsands – von 25 bis 32 mm/dm, bei den Schluffen von 35 bis 38 mm/dm, bei den Lehmen von 32 bis 39 mm/dm und bei den Tonen von 37 bis 42 mm/dm.

Unterstellt man mittlere FK-Werte je Bodenart, so liegt der mögliche Fehler einer Schätzung bei etwa 2 bis 3 mm/dm, dies entspricht ca. 20 bis 30 mm bezogen auf 100 cm Wurzelraum.

Ableitung von Werten für die FK für die einzelnen Bodenarten des Klassenzeichens

Die Feldkapazität (FK) ist die Summe aus nutzbarer Feldkapazität (nFK) und dem so genannten „Totwasser“ (TW, pF $\geq 4,2$). Die Höhe der nFK wird mittels einer weiteren Methode (VORDERBRÜGGE et al. 2004, s.a. Methodendokumentation „Ableitung der nFK für Acker aus dem Klassenzeichen der Bodenschätzung“) festgelegt.

Der Totwasseranteil wird primär durch den Tongehalt bestimmt und nur nachgeordnet durch die Menge an organischer Substanz. Eventuelle Unterschiede in der Menge an or-

ganischer Substanz werden im Rahmen der Bodenschätzung bereits durch die Variation der Zustandsstufe abgebildet. Eine Korrektur mit Zuschlägen in Abhängigkeit vom Anteil an organischer Substanz – wie es gemäß KA4 und KA5 durchzuführen ist – erfolgt deshalb nicht.

Die Berücksichtigung des Skelettgehaltes führt in der Bodenschätzung zu einer Ausweisung von leichteren Bodenarten im Klassenzeichen. Da dieser Sachverhalt bereits bei der Ableitung der nFK berücksichtigt wird, erfolgt im Rahmen der Entwicklung dieser Methode nicht nochmals eine Korrektur für den Skelettgehalt.

Da für die Herleitung des Totwasseranteils an der FK die Grundlage an gemessenen Daten noch nicht umfangreich genug ist, wird er mittels einer so genannten Pedotransferfunktion (PDF) abgeleitet. Die entscheidende Größe für die Ableitung des Totwassers mittels einer Transferfunktion ist der Tonanteil. Geeignet für diese Fragestellung ist die von HARRACH (1978) vorgestellte PDF, da die Datengrundlage für diese PDF mittels in Hessen durchgeführter Untersuchungen erstellt wurde:

$$TW \text{ in Vol.-%} = 0,56 * \%Ton + 3,8$$

Da die Bodenschätzung in ihrer Körnungsanalyse den Tongehalt nicht bestimmt, können den Bodenarten der Bodenschätzung nur indirekt Tongehalte zugeordnet werden. Die Autoren gehen davon aus, dass die so genannten „Abschlämbaren Teilchen“ der Bodenschätzung (Korngröße < 0,01 mm) bis zu 70 % Ton enthalten (SCHEFFER et al. 1984). Für die Ableitung des Tongehaltes auf Basis der Bodenart der Bodenschätzung wurde von einem Faktor von 67,5 % ausgegangen (s. Tab. 1). Somit ergeben sich für die Bodenarten der Bodenschätzung durchschnittliche Tonäquivalente von 6,8 (S) über 19,6 (sL), 40,5 (LT) bis zu 43,9 (T) Tonäquivalent-%. Entsprechend der obigen PDF ergeben sich für die TW-Gehalte somit Werte von 7,6 Vol.-% (bei der Bodenart S) bis 28,4 Vol.-% (bei der Bodenart T). Addiert man nun die für die Bodenarten der Bodenschätzung abgeleiteten nFK-Werte (Methode: Ableitung der nFK für Acker aus dem Klassenzeichen der Bodenschätzung) hinzu, ergeben sich für die Bodenarten der Bodenschätzung die in Tab. 1 aufgeführten FK-Werte.

Tab. 1: Feldkapazität in mm/dm, abgeleitet für die Bodenarten der Bodenschätzung

Bodenart der Bodenschätzung	Abschlämbare Teilchen in %	Tonäquivalente in % (Faktor 67,5 %)	Anteil Totwasser in Vol.-% je dm gemäß PDF	nFK-Werte in Vol.-% je dm	FK-Werte in Vol.-% je dm
S	10	6,75	7,58	9	16,58
SI	13	8,78	8,71	13	21,71
IS	18	12,15	10,60	15	25,60
SL	23	15,53	12,49	19	31,49
sL	29	19,58	14,76	20	34,76
L	44	29,70	20,43	23	43,43
LT	60	40,50	26,48	17	43,48
T	65	43,88	28,37	15	43,37

Die ähnlichen Werte der FK für L, LT und T ergeben sich aus den jeweils niedrigeren nFK-Werten für die Bodenart LT bzw. T.

Literatur

- AG BODENKUNDE (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung, 3. verbesserte und erweiterte Auflage, 331 S.
- AG BODENKUNDE (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. verbesserte und erweiterte Auflage, 392 S.
- AG BODENKUNDE (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. verbesserte und erweiterte Auflage, 438 S.
- HARRACH, T. (1978): Bodenphysik – Vorlesungsunterlagen, Inst. f. Bodenkunde, Universität Gießen.
- MÜLLER, W. (1981): Bodenbeurteilung und Bodenmelioration vor dem Hintergrund moderner physikochemischer und bodenkundlicher Erkenntnisse. In: Aktuelle Probleme der landwirtschaftlichen Forschung. Seminar – Stoffumsatz am Standort. Linz, S. 57-88.
- RÖSCH, A. & F. KURANDT (1950): Bodenschätzung und Liegenschaftskataster. 3. Auflage, Heymann Verlag, Berlin.
- SCHEFFER, F. & P. SCHACHTSCHABEL (1984): Lehrbuch der Bodenkunde, 11. Auflage.
- VORDERBRÜGGE, TH., MILLER, R., PETER, M. & S. SAUER (2004): Ableitung der nutzbaren Feldkapazität aus den Klassenzeichen der Bodenschätzung. Mittlg. Dtsch. Bodenkundl. Ges., 104, S. 33-34.
- VORDERBRÜGGE, TH., MILLER, R., PETER, M. & S. SAUER (2005): Ableitung bodenphysikalischer Kennwerte aus den Klassenzeichen der Bodenschätzung am Beispiel der Feldkapazität. Mittlg. Dtsch. Bodenkundl. Ges., 107, II, S. 531-532.

Entwicklung der Methode

Teststadium

Die Überprüfung mit Daten der Landesaufnahme (Bodenprofilbeschreibungen) und Schätzdaten der Firma Schnittstelle Boden (Bohrstockaufnahmen) ergab im Prinzip plausible, in der Tendenz nachvollziehbare, aber nicht immer ganz zufrieden stellende Zusammenhänge zwischen Bodenzahl und FK. Basierend auf den Auswertungen zum Wurzelraum und der Überlegung, dass die Zunahme vom Tonanteil abhängig ist, wurden unterschiedliche Tonanteile für die Abschlämbbaren Teilchen unterstellt, die Faktoren berechnet und die abgeleiteten Werte den Felddaten gegenübergestellt. Die Ableitung der FK-Werte mittels der oben angeführten Faktoren ergab die plausibelsten Werte. Die Überprüfung auf Plausibilität erfolgt aber weiterhin. Im Kapitel Validierung der Methode werden die Ergebnisse der Überprüfung auf Plausibilität vorgestellt.

Aktueller Stand

Die Methode leitet für jede Klassenzeichenkombination einen auf den durchwurzelbaren Bodenraum bezogenen FK-Wert in mm aus der Kombination Bodenart, Zustandsstufe und Entstehungsart ab, wobei folgendermaßen vorgegangen wird: Für die Bodenarten der Bo-

denschätzung werden FK-Werte in mm/dm und minimale sowie maximale Wurzelräume (WR) unterstellt, woraus FK_{\min} und FK_{\max} berechnet werden können (s. Tab. 2). BZ_{\min} bzw. BZ_{\max} sind hierbei die unteren bzw. oberen Bodenzahlenangaben aus dem Ackerschätzungsrahmen für eine Bodenart. Anschließend wird der Quotient FK_{\min}/BZ_{\min} bzw. FK_{\max}/BZ_{\max} gebildet. Der arithmetische Mittelwert der Quotienten ergibt einen mittleren Faktor, mit dessen Hilfe dann die FK für die jeweiligen Klassenzeichen berechnet wird.

Tab. 2: Herleitung des Faktors zur Berechnung der FK für Klassenzeichenkombinationen

Bodenart	FK in mm/dm	WR min cm ¹	WR max cm ²	FK min WR ³	FK max WR ⁴	BZ min	BZ max	BZ Diff.	FKmin/BZmin	FKmax/BZmax	mittlerer Faktor
S	16,58	20	80	33,16	132,64	7	44	37	4,74	3,01	3,88
SI	21,71	25	120	54,29	260,57	11	53	42	4,94	4,92	4,93
IS	25,60	25	120	64,01	307,25	12	71	59	5,33	4,33	4,83
SL	31,49	25	120	78,74	377,93	16	80	64	4,92	4,72	4,82
sL	34,76	25	120	86,91	417,14	18	90	72	4,83	4,63	4,73
L	43,43	25	120	108,58	521,18	19	100	81	5,71	5,21	5,46
LT	43,48	25	120	108,70	521,76	17	91	74	6,39	5,73	6,06
T	43,37	25	100	108,43	433,70	14	74	60	7,74	5,86	6,80

¹minimaler Wurzelraum, ²maximaler Wurzelraum, ³auf den minimalen Wurzelraum bezogene FK, ⁴auf den maximalen Wurzelraum bezogene FK

Mit dem mittleren Faktor (noch nicht gerundet) werden die jeweiligen Bodenzahlen (BZ) der einzelnen Klassen (Kombination aus Bodenart, Zustandsstufe und Entstehungsart) multipliziert und danach auf eine Nachkommastelle gerundet. Dadurch ergeben sich FK-Werte für die Bodenzahlen der einzelnen Klassenzeichenkombinationen (vgl. Anhang 1, hier wurden zur Darstellung die mittleren Bodenzahlen der Bodenschätzungsklassen gewählt).

Der Ackerschätzungsrahmen wurde um alle in Hessen und Rheinland-Pfalz vorkommenden Mischentstehungsarten wie z. B. DLö, LöV, AID, VD etc. ergänzt (vgl. Anhang 1). Der Unterschied z. B. zwischen LÖD und DLö wird in der Bodenschätzung über die Bodenzahl abgefangen, so dass sich ein FK-Zuschlag für die betonte (vorne stehende) Entstehungsart erübrigt, da die Berechnung direkt auf Basis der Bodenzahl erfolgt. Dies hat zudem den Vorteil, dass z. B. für Al-Böden mit g-Zusatz wie Alg, AlgLö, AlgD und AlgV, für die laut RÖSCH & KURANDT (1950, S. 49/50) die Bodenzahlen unter dem Rahmensatz der in Betracht kommenden Klasse liegen können, dieser Umstand durch die Vorgehensweise ebenfalls erfasst wird. Um die Werte relativ einfach darstellen zu können, wurden in der Tabelle im Anhang 1 grundsätzlich die mittleren Bodenzahlen der Bodenschätzungsklassen (aus dem Ackerschätzungsrahmen) gewählt, bei Mischentstehungsarten musste der Mittelwert aus dem FK-Wert der Klassenzeichenkombination beider Entstehungsarten herangezogen werden und zudem wurde die Entstehungsart Dg wie Vg behandelt. Wenn Vg im Ackerschätzungsrahmen – wie z. B. bei den Bodenarten S und SI – nicht vorgesehen ist, konnten keine FK-Werte für Vg und Dg dargestellt werden. In diesen Fällen ist das Feld der Bodenschätzungsklasse mit einem Sternchen * gekennzeichnet.

Für geschichtete Böden, das heißt für Böden mit einem schroffen Wechsel der Bodenart vom Ober- zum Unterboden, werden die Faktoren zur Berechnung der FK-Werte aus einer

Gewichtung der bereits bestehenden Faktoren in Höhe der dm-Angabe des Oberbodens (3 dm) bzw. des Unterbodens (7 dm) für die verschiedenen Bodenarten ermittelt. Beispielsweise ergeben sich für S/LT folgende gewichtete Faktoren bzw. Endfaktor, mit dem dann die Bodenzahl des Klassenzeichens multipliziert wird:

$$[(3,88 \text{ (Faktor für S)} * 3 \text{ (dm)}) + (6,06 \text{ (Faktor für LT)} * 7 \text{ (dm)})] / 10 \text{ (dm)} = 5,41 \text{ (Faktor für S/LT)}$$

Nach RÖSCH & KURANDT (1950, S. 43/44) müssen die Bodenzahlen bei Böden mit Schichtwechsel im Anhalt an die Bodenzahlen der in Betracht kommenden Bodenarten geschätzt werden, eine Zustandsstufe wird hier nicht angegeben. Demzufolge wird zunächst der gewichtete Faktor für die entsprechende Kombination der Schichtbodenarten berechnet und dieser dann mit der im Rahmen des Regelwerks geschätzten Bodenzahl multipliziert.

Eine Tabelle mit den möglichen Schichtbodenarten und deren FK-Faktoren ist in Anhang 2 zu finden.

Wertebereich

Um die durch die beschriebene Methode ermittelten FK-Werte auf ihre Plausibilität abschätzen zu können, werden die Extremwerte des Schätzungsrahmens den theoretisch möglichen Extremwerten der Bodenkundlichen Kartieranleitung (5. Aufl.) gegenübergestellt.

In den Tabellen der Bodenkundlichen Kartieranleitung (5. Aufl.) wird für Tt bei einer mittleren Rohdichte ein Wert von 43 Vol.-% angegeben, bei geringer Rohdichte ein Wert von 51 Vol.-%. Für Sl2 betragen diese Werte 25 bzw. 28 Vol.-%, für Ss 11 bzw. 14 Vol.-% und für Uu 38 bzw. 43 Vol.-%. Gemäß den Vorgaben wird für Ton ein Wurzelraum von 100 cm, für Sand von 80 cm und für Schluff von 120 cm angenommen. Der theoretische Maximalwert für Tt liegt somit bei 430 mm bei mittlerer Lagerungsdichte, bzw. bei 510 mm bei geringer Lagerungsdichte, für Sl2 beläuft er sich auf 300 bzw. 336 mm, bei Ss auf 88 bzw. 112 mm und bei Schluff auf 456 bzw. 516 mm.

Die mittels der entwickelten Methode zu erzielenden Maximalwerte betragen 171 mm (S), 261 mm (SI), 343 mm (IS), 386 mm (SL), 426 mm (sL), 546 mm (L), 552 mm (LT) und 503 mm (T). Die Werte der Methode liegen somit durchaus im Bereich dessen, was mittels der Kennwerte der KA 5 abgebildet wird.

Validierung der Methode

Die Validierung der Methode zur Ableitung der FK für Acker aus dem Klassenzeichen erfolgte einerseits durch den Vergleich mit Mittelwertbildungen für die FK aus 3.675 Bohrstockaufnahmen aus Hessen, für die gleichzeitig die Bodenschätzungsdaten ausgewertet wurden (Abb. 1 und Abb. 2) sowie andererseits durch den Vergleich mit der bodenkundlichen Aufnahme und Analyse von 361 Vergleichsstücken aus Hessen (vgl. Abb. 3 und Abb. 4).

Bei den ca. 4000 Datensätzen der Acker-Bohrstockaufnahmen wurden die dazugehörigen Daten der Bodenschätzung auf fehlerhafte Klassenzeichen (ungültige Bezeichnungen,

unstimmige Kombinationen etc.) und fehlende Angaben zur FK und Wurzelraum kontrolliert. So ermittelte Datensätze wurden aus der weiteren Bearbeitung ausgeschlossen.

Aus den übrigen (validen) Datensätzen wurden die FK-Werte für die einzelnen Klassenzeichenkombinationen mit den FK-Werten, die mittels der Methode „Ableitung der FK für Acker aus dem Klassenzeichen der Bodenschätzung“ berechnet wurden, gegenübergestellt. Anschließend wurde nach Klassenzeichenkombinationen gruppiert und Mittelwerte, Minimal-, Maximal- und Häufigkeitswerte für die einzelnen Klassenzeichenkombinationen ermittelt. Die Korrelation zwischen den berechneten FK-Werten und den FK-Werten aus den Bohrstockaufnahmen ist in Abb. 1, nach Klassenzeichenkombinationen gruppiert, zu sehen.

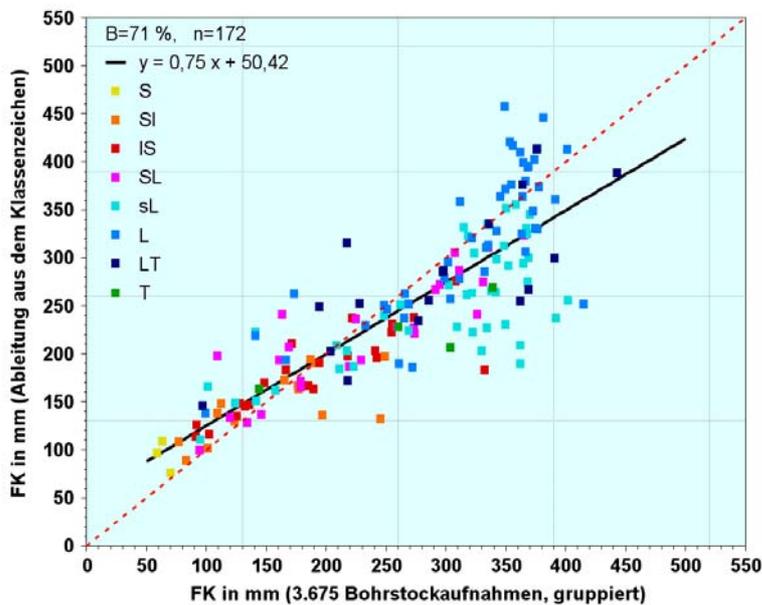


Abb. 1: Validierung der Methode „Ableitung der FK für Acker aus dem Klassenzeichen der Bodenschätzung“ durch Gegenüberstellung der FK-Mittelwerte aus 3.675 Acker-Bohrstockaufnahmen aus Hessen (gruppiert nach Klassenzeichenkombinationen, 172 Datensätze), Bestimmtheitsmaß=71 %

Die Gegenüberstellung der FK-Werte aus den Mittelwerten der 3.675

Bohrstockaufnahmen zu den FK-Werten aus der Ableitung aus dem Klassenzeichen ergibt eine gute Übereinstimmung mit einem Bestimmtheitsmaß von 71 %. Zudem verläuft die Korrelationsgerade $[y=0,75x + 50,42]$ – wie gewünscht – mit einem Steigungsmaß von 0,75 relativ nahe an der Winkelhalbierenden (vgl. rote Linie: Ursprungsgerade $[y=x]$).

Ein weiteres Maß für die Übereinstimmung ist die Abweichung der beiden gegenübergestellten Datensätze in den FK-Klassen (vgl. Tab. 3).

Tab. 3: Häufigkeiten und Prozentanteil der Übereinstimmungen bzw. Abweichungen in den FK-Klassen bei der Gegenüberstellung der aus der Methode berechneten FK-Werte mit den FK-Mittelwerten aus den 3.675 Acker-Bohrstockaufnahmen (gruppiert nach Klassenzeichenkombinationen, 172 Datensätze)

Klassendifferenz	Anzahl	%
0	118	68,6
1	51	29,7
2	3	1,7
Summe	172	100

Fast 70 % (n=118) der Werte liegen innerhalb einer Klasse, ca. 30 % (n=51) weichen um 1 Klasse ab und nur bei 1,7 % (n=3) beträgt die Differenz 2 Klassen. In Tab. 4 sind die stärker differierenden Datensätze (n=6) mit Abweichungen um 2 Klassen bzw. Datensätze mit

Abweichungen um 1 Klasse, aber mit Differenzen in den FK-Werten von mindestens einer Klassenbreite (=130 mm) dargestellt. Bei den dargestellten abweichenden Datensätzen handelt es sich um Klassenzeichen, die im Datensatz zur Validierung nur ein- oder zweimal vorkommen. Das heißt, für diese Klassenzeichen kann eine repräsentative Mittelwertbildung nicht durchgeführt werden. Für weitere um 1 FK-Klasse abweichende Datensätze (nicht dargestellt) liegt die FK-Wert-Differenz im Durchschnitt bei 55 mm und damit deutlich unter der FK-Klassenbreite von 130 mm.

Tab. 4: Datensätze mit Klassen-Differenzen von 2 oder 1 FK-Klasse bzw. von Werte-Differenzen von mindestens einer Klassenbreite (=130 mm) beim Vergleich der Methode „Ableitung der FK für Acker aus dem Klassenzeichen der Bodenschätzung“ mit den Mittelwerten für Klassenzeichenkombinationen aus 3.675 Acker-Bohrstockaufnahmen (gruppiert nach Klassenzeichenkombinationen, 172 Datensätze)

Klassenzeichen	Bodenzahl	FK Gelände	FK Methode	Anzahl	FK Klasse Gelände	FK Klasse Methode	FK Klasse Differenz	FK Werte Differenz
IS4DVg	38	332,0	183,6	1	3	2	1	148,4
sL4DVg	54	402,0	255,5	1	4	2	2	146,5
sL5VLö	50	391,7	236,6	1	4	2	2	155,1
sL6LöV	44	362,0	208,2	1	3	2	1	153,8
sL7Lö	40	362,0	189,3	1	3	2	1	172,7
L6LöD	46	415,0	251,3	1	4	2	2	163,7

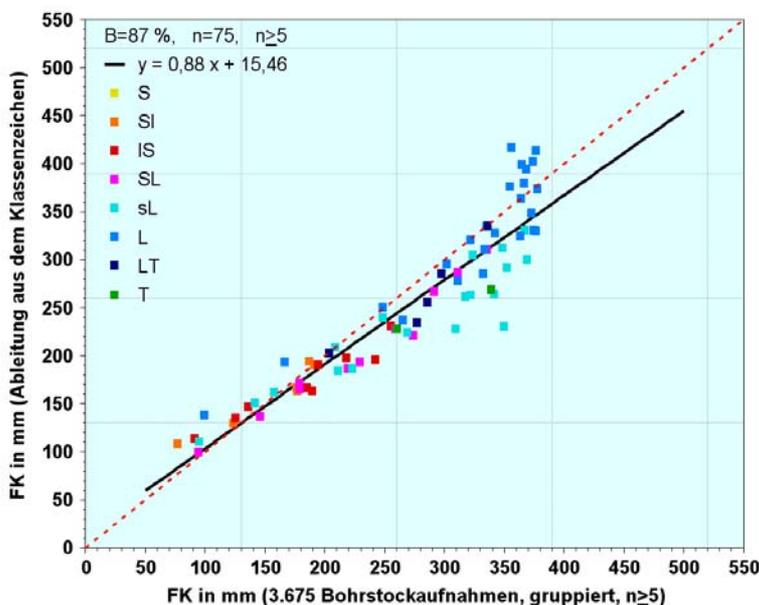


Abb. 2: Validierung der Methode „Ableitung der FK für Acker aus dem Klassenzeichen der Bodenschätzung“ durch Gegenüberstellung der FK-Mittelwerte aus 3.675 Acker-Bohrstockaufnahmen aus Hessen (gruppiert nach Klassenzeichenkombinationen, Anzahl je Klassenzeichen $n \geq 5$, 75 Datensätze), Bestimmtheitsmaß=87 %

Aufgrund der angesprochenen Problematik der gesicherten Mittelwertbildung, wurden in folgender Auswertung nur Klassenzeichenkombinationen aus den 3.675 Bohrstockaufnahmen berücksichtigt, die mindestens 5-mal vorkommen ($n \geq 5$) (vgl. Abb. 2). Das Bestimmtheitsmaß verbessert sich auf 87 % und die Korrelationsgerade [$y=0,88x - 15,46$] nähert sich an die Ursprungsgerade an.

80 % ($n=60$) der Werte liegen innerhalb einer Klasse, 20 % ($n=15$)

weichen um 1 Klasse ab, Differenzen um 2 Klassen oder über 130 mm kommen nicht vor (vgl. Tab. 5). Die mittlere FK-Wert-Differenz bei den um eine FK-Klasse abweichenden Datensätzen liegt bei 44,5 mm und damit deutlich unter der FK-Klassenbreite von 130 mm.

Tab. 5: Häufigkeiten und Prozentanteil der Übereinstimmungen bzw. Abweichungen in den FK-Klassen bei der Gegenüberstellung der aus der Methode berechneten FK-Werte mit den FK-Mittelwerten aus den 3.675 Acker-Bohrstockaufnahmen (gruppiert nach Klassenzeichenkombinationen, Anzahl je Klassenzeichen $n \geq 5$, 75 Datensätze)

Klassendifferenz	Anzahl	%
0	60	80
1	15	20
Summe	75	100

Zusätzlich zur Validierung mit den 3.675 Bohrstockaufnahmen wurde eine Validierung der FK-Werte aus der Ableitung aus dem Klassenzeichen mit 361 Acker-Profilaufnahmen von Vergleichsstücken der Bodenschätzung (gleicher Datensatz wie bei der Validierung der Methode „Ableitung der nFK aus dem Klassenzeichen der Bodenschätzung“) vorgenommen (vgl. Abb. 3).

Die Gegenüberstellung der FK-Werte aus den Vergleichsstück-Daten-

sätzen zu der Ableitung aus dem Klassenzeichen ergab zwar keine so gute Übereinstimmung wie bei der Methode nFK, aber trotz der größeren Streuung der Werte ist die Stimmigkeit der Methode deutlich. Das Bestimmtheitsmaß beträgt 63 % und der Verlauf der Korrelationsgeraden [$y=0,70 x + 73,57$] tendiert in Richtung der Winkelhalbierenden (Ursprungsgeraden).

Ein weiteres Maß für die Übereinstimmung ist die Abweichung der beiden gegenübergestellten Datensätze in den FK-Klassen (vgl. Tab. 6).

Tab. 6: Häufigkeiten und Prozentanteil der Übereinstimmungen bzw. Abweichungen in den FK-Klassen bei der Gegenüberstellung der aus der Methode berechneten FK-Werte mit den FK-Mittelwerten aus den 361 Acker-Profilaufnahmen (gruppiert nach Klassenzeichenkombinationen, 94 Datensätze)

Klassendifferenz	Anzahl	%
0	52	55,3
1	39	41,5
2	3	3,2
Summe	94	100

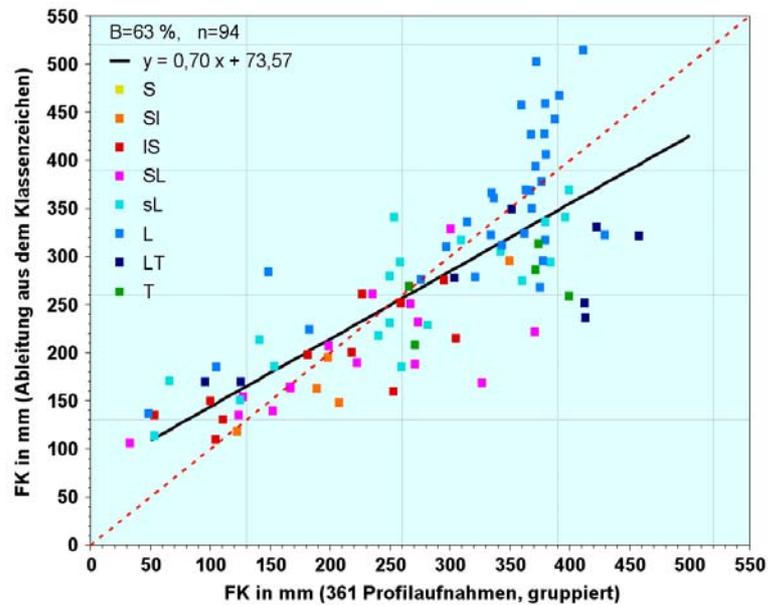


Abb. 3: Validierung der Methode „Ableitung der FK für Acker aus dem Klassenzeichen der Bodenschätzung“ durch Gegenüberstellung der FK-Mittelwerte aus 361 Acker-Profilaufnahmen von Vergleichsstücken der Bodenschätzung aus Hessen (gruppiert nach Klassenzeichenkombinationen, 94 Datensätze), Bestimmtheitsmaß=63 %

55 % (n=52) der Werte liegen innerhalb einer Klasse, ca. 42 % (n=39) weichen um 1 Klasse ab und bei 3,2 % (n=3) beträgt die Differenz 2 Klassen. In Tab. 7 sind die stärker differierenden Datensätze (n=8) mit Abweichungen um 2 Klassen bzw. Datensätze mit Abweichungen um 1 Klasse, aber mit Differenzen in den FK-Werten von mindestens einer Klassenbreite (=130 mm) dargestellt. Bei den dargestellten abweichenden Datensätzen handelt es sich um Klassenzeichen, die im Datensatz zur Validierung nur ein- oder zweimal vorkommen. Das heißt, für diese Klassenzeichen kann eine repräsentative Mittelwertbildung nicht durchgeführt werden. Für weitere um 1 FK-Klasse abweichende Datensätze (nicht dargestellt) liegt die FK-Wert-Differenz im Durchschnitt bei 57 mm und damit deutlich unter der FK-Klassenbreite von 130 mm.

Tab. 7: Datensätze mit Klassen-Differenzen von 2 oder 1 FK-Klasse bzw. von Werte-Differenzen von mindestens einer Klassenbreite (=130 mm) beim Vergleich der Methode „Ableitung der FK für Acker aus dem Klassenzeichen der Bodenschätzung“ mit den Mittelwerten für Klassenzeichenkombinationen aus 361 Acker-Profilaufnahmen (gruppiert nach Klassenzeichenkombinationen, 94 Datensätze)

Klassenzeichen	Bodenzahl	FK Gelände	FK Methode	Anzahl	FK Klasse Gelände	FK Klasse Methode	FK Klasse Differenz	FK Werte Differenz
SL4D	46	370,8	221,8	1	3	2	1	149,0
SL5Dg	35	326,6	168,8	1	3	2	1	157,8
L1AI	92	371,7	502,6	1	3	4	1	-130,9
L4Vg	52	148,5	284,1	1	2	3	1	-135,6
LT5D	53	458,0	321,4	1	4	3	1	136,6
LT6D	42	412,2	251,7	2	4	2	2	160,5
LT6V	39	412,7	236,5	1	4	2	2	176,2
T6V	38	399,2	258,5	1	4	2	2	140,7

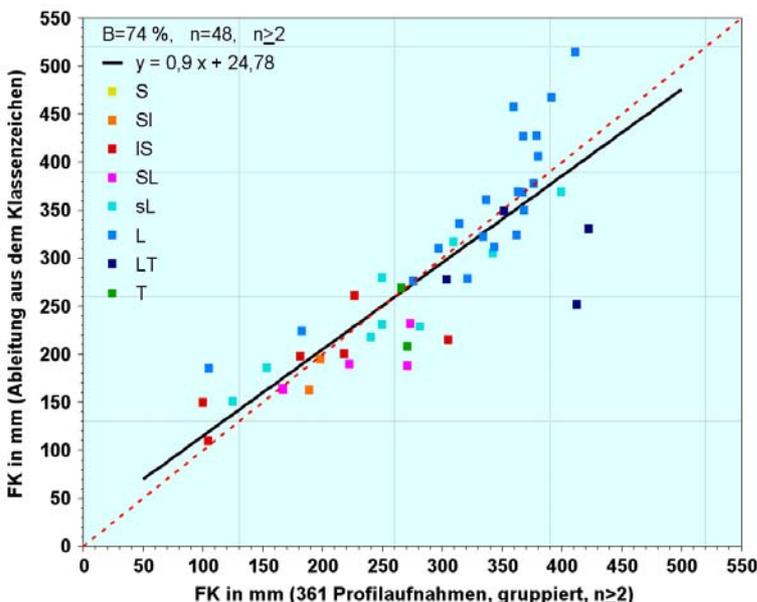


Abb. 4: Validierung der Methode „Ableitung der FK für Acker aus dem Klassenzeichen der Bodenschätzung“ durch Gegenüberstellung der FK-Mittelwerte aus 361 Acker-Profilaufnahmen von Vergleichsstücken der Bodenschätzung aus Hessen (gruppiert nach Klassenzeichenkombinationen, Anzahl je Klassenzeichen $n \geq 2$, 48 Datensätze), Bestimmtheitsmaß=74 %

Aufgrund der angesprochenen Problematik der gesicherten Mittelwertbildung bzw. der einzelnen Datenausreißer, wurden in folgender Auswertung nur Klassenzeichenkombinationen aus den 361 Acker-Profilaufnahmen berücksichtigt, die mindestens 2-mal vorkommen [$n \geq 2$] (vgl. Abb. 4). Das Bestimmtheitsmaß verbessert sich auf 74 % und die Korrelationsgerade [$y = 0,90x - 24,78$] nähert sich an die Ursprungsgerade an.

Wie Tab. 8 zeigt, liegen

65 % (n=31) der Werte innerhalb einer Klasse, 33 % (n=16) weichen um 1 Klasse ab. Differenzen um 2 Klassen bzw. über 130 mm kommen nur einmal bei der Klassenzeichenkombination LT6D (n=2, Bodenzahl: 39 und 44) vor, wobei die beiden Datensätze einzeln betrachtet jeweils nur um 1 Klasse abweichen und nur durch einerseits die Mittelwertbildung der FK-Werte der Methode und andererseits der Profildaten der ungünstige Fall eintritt, dass die Mittelwerte jeweils die obere (Profildaten) und die untere Klassengrenze (Methode) überschreiten und somit ein Unterschied von 2 FK-Klassen auftritt. Die mittlere FK-Wert-Differenz bei den um eine FK-Klasse abweichenden Datensätzen liegt bei 56 mm und damit deutlich unter der FK-Klassenbreite von 130 mm.

Tab. 8: Häufigkeiten und Prozentanteil der Übereinstimmungen bzw. Abweichungen in den FK-Klassen bei der Gegenüberstellung der aus der Methode berechneten FK-Werte mit den FK-Mittelwerten aus den 361 Acker-Profilaufnahmen (gruppiert nach Klassenzeichenkombinationen, Anzahl je Klassenzeichen $n \geq 2$, 48 Datensätze)

Klassendifferenz	Anzahl	%
0	31	64,6
1	16	33,3
2	1	2,1
Summe	48	100

Zusammenfassung der Validierung

Die Validierung sowohl mit den Mittelwerten aus 3.675 Acker-Bohrstockaufnahmen als auch mit den 361 Profilaufnahmen der Vergleichsstücke aus Hessen belegen – trotz stärkerer Abweichungen als bei der Methode nFK – die Stimmigkeit der Methode „Ableitung der FK für Acker aus dem Klassenzeichen der Bodenschätzung“. Die Bestimmtheitsmaße bei der Gegenüberstellung der Datensätze liegen zwischen 63 und 87 % sowie die Korrelationsgerade jeweils in Richtung der Winkelhalbierenden (Ursprungsgerade). Bei Klassenzeichen mit geringen Häufigkeiten konnte aufgrund der unsicheren Mittelwertbildung keine zufrieden stellende Validierung vorgenommen werden. Eine Ausweitung der Validierungsdatensätze auf diese seltener vorkommenden Klassenzeichen wird angestrebt.

Einsatzmöglichkeiten

Die FK-Werte dienen als Grundlage für die Ableitung des Bewertungsrahmens und die Bewertung der Bodenfunktion „Ausgleichskörper im Wasserkreislauf“, weiterhin sind sie Bestandteil für die Methode „Sickerwasserrate“. Außerdem dienen sie zur Kontrolle der aus der Grablochbeschreibung abgeleiteten Werte.

Einschränkung der Verwendung

Die Methode „Ableitung der FK für Acker aus dem Klassenzeichen der Bodenschätzung“ wurde explizit für alle Acker-Klassenzeichen der Bodenschätzung entwickelt. Da Gartenland (Gartenbauflächen, Obstanlagen, Baumschulen; im Feldschätzungsbuch als G gekennzeichnet) sowie Acker-Grünland-Wechseland (AGr) prinzipiell nach dem Ackerschätzungsrahmen bewertet werden, gilt die entwickelte Methode auch für diese Flächen. Eine

Ausnahme bilden dagegen die Moorböden (Mo als Bodenart, keine Entstehungsart, Zustandsstufen 3 bis 7, in Ausnahmefällen auch 2), die zwar ebenfalls nach dem Ackerschätzungsrahmen bewertet werden können, in der Methode aber aufgrund zu hoher Unsicherheiten (Humus- und Rekultivierungsstatus; keine Vergleichsdaten zu Validierung vorhanden) nicht berücksichtigt werden. Eine Auswertung der in Hessen und Rheinland-Pfalz vorkommenden Klassenzeichen ergab zudem, dass eine Bewertung von Mo-Böden nach dem Ackerschätzungsrahmen in der Bodenschätzung sehr selten vorgenommen wird, meist werden sie nach dem Grünlandschätzungsrahmen beurteilt. Die Mo-Flächen sind in den FK-Auswertungskarten grau (Flächen ohne FK-Bewertung) dargestellt.

Qualitätsdiskussion

Seltene Klassenzeichenkombinationen oder Kombinationen mit Mischentstehungsarten oder Schichtbodenarten sowie Moorböden müssen im weiteren Validierungsverlauf in den Testgemarkungen im Gelände bzw. anhand der Grablochbeschreibungen überprüft werden, da bislang keine oder zu wenige Vergleichsdatensätze für diese Klassenzeichen vorliegen. Wünschenswert ist eine Überprüfung der mittels der Methode abgeleiteten FK-Werte in Bodenregionen anderer Bundesländer.

Klassifizierung

Tab. 9: FK-Klassengrenzen

Legende	FK	FK-Klasse
	≤ 130 mm	1
	$> 130 \leq 260$ mm	2
	$> 260 \leq 390$ mm	3
	$> 390 \leq 520$ mm	4
	> 520 mm	5

Die Klassifizierung der FK-Werte erfolgt nach der Vorgehensweise des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG) mit den Klassengrenzen 130, 260, 390 und 520 mm. In Anhang 3 sind die Klassengrenzen für die FK im Ackerschätzungsrahmen farblich eingetragen und ergeben ein stimmiges Bild hinsichtlich der Verteilung der FK-Klassen über Bodenart, Zustandsstufe und Entstehungsart (als Basis wurde die mittlere Bodenzahl der Bodenschätzungsstufe gewählt). Das heißt, je toniger die Bodenart und je besser die Zustandsstufe, desto höher ist die FK-Klasse.