



Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Abteilung Qualitätssicherung
und Untersuchungswesen
Lange Point 4
85354 Freising

Verbindliche Hinweise zur Bodenuntersuchung in Bayern **(Bodenart, pH-Wert, freier Kalk, Nährstoffe, Spurenelemente, Humus, Kaliumfixierung)**

Stand 30.06.2017, Korrektur 05.03.2018

1. Geltungsbereich

Die verbindlichen Hinweise gelten für Untersuchungsstellen, die sich an der Ausschreibung des Landeskuratoriums für pflanzliche Erzeugung in Bayern e.V. (LKP) für Bodenuntersuchungen beteiligen möchten.

2. Allgemeines

Soweit nichts anderes angegeben ist, sind die im VDLUFA-Methodenbuch, Band 1, 1. – 6. Teillieferung (Die Untersuchung von Böden, Methoden A 1.2.1, A 4.1.3, A 5.1.1, A 5.3.1, A 6.2.1.1, A 6.2.4.1, A 6.4.1, A 8.1.1.1 und D 2.1) festgelegten Analysenvorschriften einzuhalten.

Auch bezüglich der Probenahme am Feld gelten die VDLUFA-Vorgaben (vgl. Methodenbuch, Band 1, Methode A 1.2.1); zu beachten ist auch das LfL-Merkblatt für die Bodenprobenahme unter www.LfL.bayern.de/zentrale_analytik.

3. Probenvorbereitung

Feldfeuchte Böden sind bei maximal 40 °C zu trocknen und anschließend auf 2 mm abzusieben. Steine sollen nicht zertrümmert werden. Wenn Backenbrecher eingesetzt werden, diese entsprechend weiter einstellen. Es ist die gesamte angelieferte Probenmenge abzusieben und zu homogenisieren. Für Nachuntersuchungen muss eine Rückstellprobe von mindestens 100 g der abgeseibten und homogenisierten Probe wenigstens 6 Wochen lang aufbewahrt werden.

Bei auffällig wenig angeliefertem Bodenmaterial (< 500 g) ist das LKP zu verständigen.

4. Bodenart

Es ist der folgende zweistellige Bodenartschlüssel zu verwenden:

Boden	Bodenart
0 = Mineralboden (bis 4 % org. S.)	1 = Sand (S)
1 = Humoser Boden (4 – 15 % org. S.)	2 = schwach lehmiger Sand (schw.IS)
2 = Anmooriger Boden (16 – 30 % org. S.)	3 = stark lehmiger Sand (st.IS)
3 = Moor (über 30 % org. S.)	4 = sandiger Lehm (sL)
	5 = Lößlehm (uL)
	6 = toniger Lehm (tL)
	7 = lehmiger Ton (IT)
	8 = Ton (T)

Die Bestimmung der Bodenart erfolgt mittels Fingerprobe. Siehe hierzu die Anleitung „Bodenartbestimmung mit Fingerprobe“ unter www.LfL.bayern.de/zentrale_analytik, Menüpunkt Bodenuntersuchungen in Bayern. Dort befindet sich die nähere Definition der 8 Bodenarten. Eine ausführliche Beschreibung der Methode befindet sich im VDLUFA-Methodenbuch I, Methode D 2.1, 2. Teillieferung, 1997, VDLUFA-Verlag.

5. pH-Wert-Bestimmung

Es werden 10 g lufttrockener Mineralboden (Moorböden 10 ml) in 50 ml Röhrchen eingewogen oder die entsprechende Menge mit Messlöffel eingemessen, 25 ml 0,01 mol/l CaCl_2 -Lösung dazugeben und einige Stunden, evtl. über Nacht, stehen lassen. Vor dem Messen die Suspension aufrühren. Die Elektrode vor der Serienmessung mit Pufferlösungen (z.B. pH 6,88 und pH 4,66) kalibrieren. Die Elektrode mit Kalibrierstandards während der Serienmessung überprüfen (siehe auch Methodenbuch, Bd 1, Nr. A 5.1.1).

Der pH-Wert ist mit 1 Stelle nach dem Komma anzugeben.

Eine pH-Azetatbestimmung findet nicht statt.

6. Bestimmung des freien Kalkes

Bei Ackerböden der Bodenarten 03 bis 05 mit einem pH-Wert von 6,6 - 6,8 und bei den Bodenarten 06 bis 08 mit einem pH-Wert von 6,8 - 7,2 ist zusätzlich der freie Kalk zu bestimmen. Hierzu ist ein 250 ml Becherglas etwa zur Hälfte mit 30%iger Salzsäure zu füllen und mit einem Spatel ca. 1 g Boden einzufüllen. Proben, die CO_2 -Entwicklung zeigen, werden mit "+" bewertet, Proben, bei denen nur vereinzelt oder keine Bläschen aufsteigen, erhalten ein "-".

7. P- und K-Bestimmung

Es werden 5 g lufttrockener und auf 2 mm gesiebter Boden (die Einwaage bezieht sich auch auf Moorböden; die volumenmäßige Umrechnung erfolgt durch das Düngeempfehlungsprogramm) auf einer Analysenwaage auf 10 mg genau in 250 ml Polyethylenflaschen eingewogen und mit 100 ml CAL-Extraktionslösung (pH = 4.1) versetzt und 90 min

über Kopf oder exzentrisch maschinell geschüttelt. Die CAL-Extraktionslösung ist bei Zimmertemperatur (20 - 25 °C) zu verwenden.

Die Schüttelintensität sollte bei Horizontalschüttlern so eingestellt sein, dass der Boden immer in Bewegung ist (ca. 165 - 170 Umdrehungen je Minute).

Nach dem Schüttelvorgang über phosphor- und kaliumfreie Filter (z.B. Faltenfilter 0011/1/2 SS) filtrieren und die ersten ca. 10 ml des Filtrats verwerfen.

Messung von Kalium: Mit Flammenphotometer. ICP ist als Hausmethode zulässig, wenn sichergestellt ist, dass vergleichbare Ergebnisse erzielt werden.

Messung von Phosphat: Molybdänblaumethode oder Vanadatmethode. ICP ist als Hausmethode zulässig, wenn sichergestellt ist, dass vergleichbare Ergebnisse erzielt werden.

P-Korrektur: Bei jeder Probe ist der pH-Wert des CAL-Bodenextrakts zu messen und zu erfassen. (Eine Abhängigkeit dieser Messung vom pH(CaCl₂)-Wert > 7,0, wie es die Methodenvorschrift A 6.2.1.1 auch zuließe, wird nicht praktiziert).

Der pH(CAL)-Wert erscheint nicht auf dem Prüfbericht, wird jedoch in der LfL-Datenbank dokumentiert (und bei Probennachkontrollen kontrolliert). Das Merkmal ist für alle Proben zu erfassen und der LfL (siehe Punkt 14) mitzuteilen. Die Korrektur des P-Gehaltes mittels der Formel

$$P_{\text{korr}} = P_{\text{gem.}} \cdot [1 + 0,83 \cdot (\text{pH}_{\text{CAL}} - 4,1)]$$

erfolgt automatisch durch das vom LKP zur Verfügung gestellte PC-Programm.

Der berechnete korrigierte P₂O₅-Gehalt wird aber ebenfalls in der LfL-Datenbank dokumentiert. Die Datenbank enthält also zwei P₂O₅-Werte: P₂O₅-gemessen und P₂O₅-korrigiert; beide Werte unterscheiden sich nur, wenn der pH(CAL)-Wert ≥ 4,3.

8. Mg-Bestimmung

5 g lufttrockenen und auf 2 mm gesiebten Mineralboden (auch Moorböden 5 g; die volumenmäßige Umrechnung erfolgt durch das Düngempfehlungsprogramm) auf einer Analysenwaage auf 10 mg genau in 250 ml Polyethylenflaschen einwiegen, 50 ml 0,0125 mol/l CaCl₂-Lösung dazugeben und 60 min maschinell schütteln. Bezüglich Schüttelintensität siehe P- und K-Bestimmung.

Nach dem Schüttelvorgang über magnesiumfreie Filter filtrieren und mindestens die ersten ca. 10 ml verwerfen.

Messung von Magnesium: Mit Atomabsorptionsspektrometer (AAS). ICP ist als Hausmethode zulässig wenn sichergestellt ist, dass vergleichbare Ergebnisse erzielt werden.

9. Angabe der Nährstoffe

Die Angabe der Nährstoffgehalte hat in den folgend aufgeführten Dimensionen zu erfolgen:

Kalium : mg K_2O /100 g Boden
 Phosphor: mg P_2O_5 /100 g Boden
 Magnesium: mg Mg/100 g Boden

Bei Moorböden bezieht sich die Angabe auf 100 ml Boden. Alle Werte sind als ganze (gerundete) Zahlen anzugeben.

10. Bestimmung der Spurenelemente Cu, Mn, Zn, B und Na

Die genannten Elemente werden im CAT-Auszug gemäß VDLUFA-Methode A 6.4.1 bestimmt. Auf die Verwendung von Bodenmühlern und Bodensieben, die die genannten Elemente nicht abgeben, ist zu achten. Obwohl die Methode grundsätzlich auch für die Mg-Bestimmung geeignet ist, wird im Rahmen der vom LKP organisierten Bodenuntersuchungen weiterhin Mg mit $CaCl_2$ -Extraktion ermittelt (siehe Punkt 8). In Bezug auf die Bor-Bestimmung sind besondere Vorsichtsmaßnahmen zu beachten:

- Bei Gehalten < 1 mg B/kg ist die photometrische Messung ungeeignet. Deshalb muss Bor grundsätzlich mit ICP-OES oder ICP-MS gemessen werden.
- Die vorgeschriebenen Extraktionsverhältnisse müssen unbedingt eingehalten werden.
- Zur Vermeidung von Bor-Kontaminationen muss borfreies Glas und statt entmineralisierten Wassers destilliertes Wasser verwendet werden.

11. Humusbestimmung

11.1 Vorbemerkung

Der Humus (organische Bodensubstanz) besteht hauptsächlich aus C, H, O, N, P und S. Diese Elemente kommen im Boden auch in anorganischen Verbindungen vor. Eine analytische Trennung zwischen den organischen und anorganischen Komponenten ist lediglich für Kohlenstoff und bedingt für Stickstoff möglich.

Der organische Kohlenstoff (C_{org}) ist der wichtigste Bestandteil des Humus und wird allgemein als Maß für den Humusgehalt eines Bodens genommen. Der Kohlenstoff im Boden kann auch in anorganischer Form als Carbonat (Calcit, Dolomit) vorkommen. Es gilt:

$$C_t \text{ (Gesamtkohlenstoff)} = C_{org} + C_{carbonat}$$

Bei carbonathaltigen Böden wird der C_{org} per Differenz berechnet.

Der Stickstoff in Ackerböden kommt überwiegend in organischer Form vor (Proteine, Peptide, Aminosucker). Der Anteil des anorganischen Stickstoffs, im wesentlichen Nitrat und Ammonium, am Gesamt-Stickstoff in der Ackerkrume ist im Allgemeinen < 5 %. Der Gesamt-Stickstoffgehalt ($N_t = N_{org} + N_{anorg}$) ist also in der Regel ein guter Indikator für den Gehalt an organischem Stickstoff im Boden.

Das C_{org}/N_t -Verhältnis, der klassische Indikator für die Humusqualität, ist ein Maß für den Abbaugrad der organischen Bodensubstanz.

11.2 Methode

Die Elementar-Analyse (DIN ISO 10694 und DIN ISO 13878) hat sich aufgrund ihrer wesentlichen Vorteile gegenüber den nasschemischen Verfahren als Standard-Methode zur Bestimmung des C_t und N_t im Boden etabliert. Sie erlaubt eine quantitative, simultane Erfassung des C_t und N_t . Die früher noch zugelassene nasschemische Oxidation (z. B. Springer-Klee, Walkley & Black) darf nicht mehr angewendet werden.

Folgende Hinweise zur Elementar-Analyse müssen beachtet werden:

- Probenaufbereitung: Sie hat nach DIN ISO 11464 (Dezember 1996) zu erfolgen. Damit ist gewährleistet, dass eine repräsentative Untersuchungsprobe gewonnen wird.
- Korngröße der Untersuchungsprobe: Je kleiner die Probeneinwaage desto feiner und homogener muss das Bodenmaterial sein. Bei Einwaagen unter 500 mg muss die Korngröße kleiner als 200 μm sein.
- Kalibrierung des Gerätes: Synthetische Standardverbindungen verwenden (z.B. Acetanilid, Nicotinsäureamid, Sulfanilsäure, Glutaminsäure, EDTA etc.). Bodenmaterial ist für die Kalibrierung ungeeignet!
- Verbrennungstemperatur: Nach DIN ISO 10694 (August 1996) ist eine Verbrennungstemperatur von mindestens 900 °C erforderlich, um auch eventuell vorhandene Carbonate zu zerstören. Die Verbrennungstemperatur und die Verbrennzeit müssen für jeden Gerätetyp optimiert werden, damit der C_t quantitativ erfasst wird. Die Kontrolle kann mit reinem CaCO_3 erfolgen.
- Kontrolle der Messergebnisse: Dafür eignen sich synthetische Standardsubstanzen, reines CaCO_3 und Referenzböden.

Bei carbonathaltigen Böden kann der Carbonat-Kohlenstoff vor der Verbrennung mit Salzsäure ausgetrieben werden (DIN ISO 10694). Alternativ dazu kann der Carbonat-Kohlenstoff nach der VDLUFA-Methode A 5.3.1 bestimmt werden. Ein schnelles und zuverlässiges Screening für carbonathaltige Böden kann mittels Infrarot-Spektroskopie (Diffuse-Reflexion) gemacht werden.

12. Kaliumfixierung (nass)

Es ist nach der VDLUFA-Methode A 8.1.1.1 vorzugehen.

Ganz wichtig: Im Rahmen der vom LKP organisierten Bodenuntersuchungen wird die Kaliumfixierung in mg K/100 g Boden angegeben (Elementform!).

Beachte: Die VDLUFA-Methode A 8.1.1.1 sieht die Angabe in mg K/kg Boden vor; diese Dimensionsangabe wird für die LKP-Analysen nicht übernommen.

Anmerkung:

Die Bestimmung der Kaliumfixierung ist nur sinnvoll bei Gehalten unter 15 mg $\text{K}_2\text{O}/100$ g Boden (CAL-Methode). Bei höheren Gehalten ist stets noch genügend pflanzenverfügbares Kalium vorhanden, selbst wenn noch Kaliumfixierung festgestellt wird.

13. Erstellung der Düngeempfehlung

Für die Erstellung der Düngeempfehlung ist das von der LfL autorisierte PC-Programm zu verwenden. Die Daten des ebenfalls von der LfL autorisierten Erhebungsbogens müssen, ergänzt um die ermittelten Labordaten, ins Programm eingegeben werden.

Die ausgedruckten Befunde sind an die Landwirte zu versenden.

14. Datenmeldung für die LfL

Die Abteilung Information und Wissensmanagement (AIW) der LfL erhält sämtliche Ergebnisse in Dateiform per E-Mail unter der Adresse BUS@LfL.bayern.de. Während der Hauptsaison (Anfang November bis Ende April) geschieht dies wöchentlich, ansonsten nach Datenanfall mindestens im monatlichen Abstand.

15. Qualitätssicherung

Das Labor muss regelmäßig an den von der LfL oder in deren Auftrag veranstalteten Ringversuchen teilnehmen und auf Anforderung Rückstellproben für Nachkontrollen zur Verfügung stellen. Außerdem ist der LfL oder deren Beauftragten jederzeit Zugang zu den Labors zu gewähren. Festgestellte Mängel müssen unverzüglich abgestellt werden. In gravierenden Fällen kann die LfL die Einstellung der Untersuchungen verfügen.

Hinweise zum Verfahren für die Zulassung als „LKP-Labore“

An den Ausschreibungen des LKP können nur Laboratorien teilnehmen, die von der LfL, Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen, überprüft und als geeignet erklärt wurden. Voraussetzungen für diese Zulassung sind:

- Das Labor muss in der Regel nach DIN ISO 17025 akkreditiert sein.
- Das Labor muss am speziellen jährlichen Ringversuch „Standardbodenuntersuchung“ für LKP-Labore teilnehmen und diesen innerhalb der letzten 24 Monate mindestens einmal bestanden haben.
- Die Zuverlässigkeit des Labors im Sinne dieser „Verbindlichen Hinweise“ wird durch verdeckte Proben bestätigt.

15.1 Ringversuch:

Der jährliche Ringversuch „Standardbodenuntersuchung“ erfolgt für zwei Parameterbereiche:

- Gruppe 1: pH, freier Kalk, P, K, Mg, Humus (org. S.),
- Gruppe 2: Cu, Mn, Zn, B, Na, Kaliumfixierung

Ein Labor, das Bodenuntersuchungen im Auftrag des LKP durchführen möchte, muss an der Gruppe 1 teilnehmen. Nimmt es nicht an der Gruppe 2 teil oder wurde es von der LfL für diesen Parameterbereich aus anderen Gründen nicht zugelassen, so ist es verpflichtet, entsprechende Untersuchungsaufträge an ein für diesen Parameterbereich zugelassenes Labor im Unterauftrag weiterzugeben. Dem Unterauftragnehmer ist von der getrockneten und homogenisierten Probe eine Teilmenge zu übersenden. Im Prüfbericht des Erstlabors ist anzugeben, welches Labor die zusätzlichen Untersuchungen durchgeführt hat.

Wichtig: LKP-Bodenuntersuchungsbefunde werden für Zwecke der Klärschlamm- und Bioabfallverordnung nur anerkannt, wenn das Labor nach Fachmodul Abfall (FMA) für die Parametergruppe „Nährstoffe im Boden (FMA 2.3)“ notifiziert ist.

15.2 Weitere Anforderungen und Bewertung der Labore

Neben dem Bestehen des Ringversuchs ist das Erreichen einer ausreichenden bis guten Qualität in den „verdeckten“ Proben Voraussetzung für die Übernahme von weiteren LKP-Aufträgen. Zur Qualitätssicherung der Ergebnisse werden die Labore durch die LfL während der Untersuchungskampagne kontinuierlich bewertet. Dies erfolgt durch verdeckte Proben, Labor-Vor-Ort-Kontrollen und Vergleichsuntersuchungen.

Labore, die im Vorjahr keinen Auftrag erhalten haben oder denen Auflagen erteilt wurden, müssen die ersten Proben eines Auftrags gemäß Vorgaben der LfL von der Landeanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG) gegenuntersuchen lassen.

Prüfberichte bzw. –ergebnisse und Rohdaten zu den Untersuchungen sind mindestens ein Jahr aufzubewahren und der LfL auf Anforderung zur Verfügung zu stellen.

„Verdeckte“ Proben:

IAB 2a organisiert in Absprache mit dem LKP die Einschleusung von „verdeckten“ Proben in die jeweiligen Probenkontingente. LKP schleust die „verdeckten“ Proben bei den Laboren ein. IAB 2a bewertet die Ergebnisse der „verdeckten“ Proben und informiert AQU über die Labore, deren Analysenwerte abweichend sind. Die „verdeckten“ Proben werden auch von der LWG untersucht.

Bewertung der Laborqualität mit Hilfe der „verdeckten“ Proben

Es werden jeweils die Parameter Bodenart 1, Bodenart 2, pH, P₂O₅, K₂O verglichen.

Mindestzahl der Analysenwerte eines Labors: 10 (je Parameter)

Es erfolgt ein Vergleich innerhalb einer Probe mit dem Medianwert. Dazu sind mindestens 4 Einzelwerte erforderlich. Der Median wird als der Mittelwert der 2. und 3. Probe berechnet.

Tab. 1: Toleranzgrenzen für „verdeckte“ Proben

Parameter	Einheit	Toleranzbereich	max. zulässige Ausreißer [%]
Bodenart 1		± 1	0
Bodenart 2		± 1	20
pH-Wert		± 0,2	20
P ₂ O ₅	mg / 100g Boden	± 3 oder ± 20 % ¹	20
K ₂ O	mg / 100g Boden	± 3 oder ± 20 % ¹	20

¹ es greift immer die großzügigere Grenze

Tab. 2: Bewertung der Laborqualität

Bewertung	% der Proben innerhalb des Toleranzbereichs
gut	>95
befriedigend	>90
ausreichend	≥80
mangelhaft	<80

Labor-Vor-Ort-Kontrollen und Vergleichsuntersuchungen

Werden über die „verdeckten“ Proben Abweichungen festgestellt oder besteht ein Verdacht auf nicht ausreichende Untersuchungsqualität, wird in Absprache zwischen IAB 2a und AQU eine unangemeldete Labor-Vor-Ort-Kontrolle durchgeführt. Dabei werden Rückstellproben aus dem Labor entnommen und der LWG zur Nachuntersuchung übergeben (= Vergleichsuntersuchung). Die Ergebnisse der Vergleichsuntersuchung werden von IAB 2a gegenübergestellt und gemeinsam mit AQU bewertet.

Bewertung der Laborqualität mit Hilfe der Vergleichsuntersuchung

Für den jeweils betrachteten Parameter werden die Analysenwerte des Labors den Analysenwerten der LWG gegenübergestellt. Mindestzahl der Analysenwerte eines Labors: 20.

Der Vergleich erfolgt über die absolute und relative Abweichung der Analysenwerte.

Die Bewertung der Vergleichsuntersuchung erfolgt nach denselben Kriterien wie die Bewertung der verdeckten Proben (Tab. 1).

IAB 2a und AQU informieren das LKP gemeinsam über das Ergebnis der Vergleichsuntersuchung.

Das LKP entzieht bei nicht akzeptablem Ergebnis oder sonstigen Auffälligkeiten (= Zustand, der nicht den „Verbindlichen Hinweisen“ entspricht) den Auftrag.

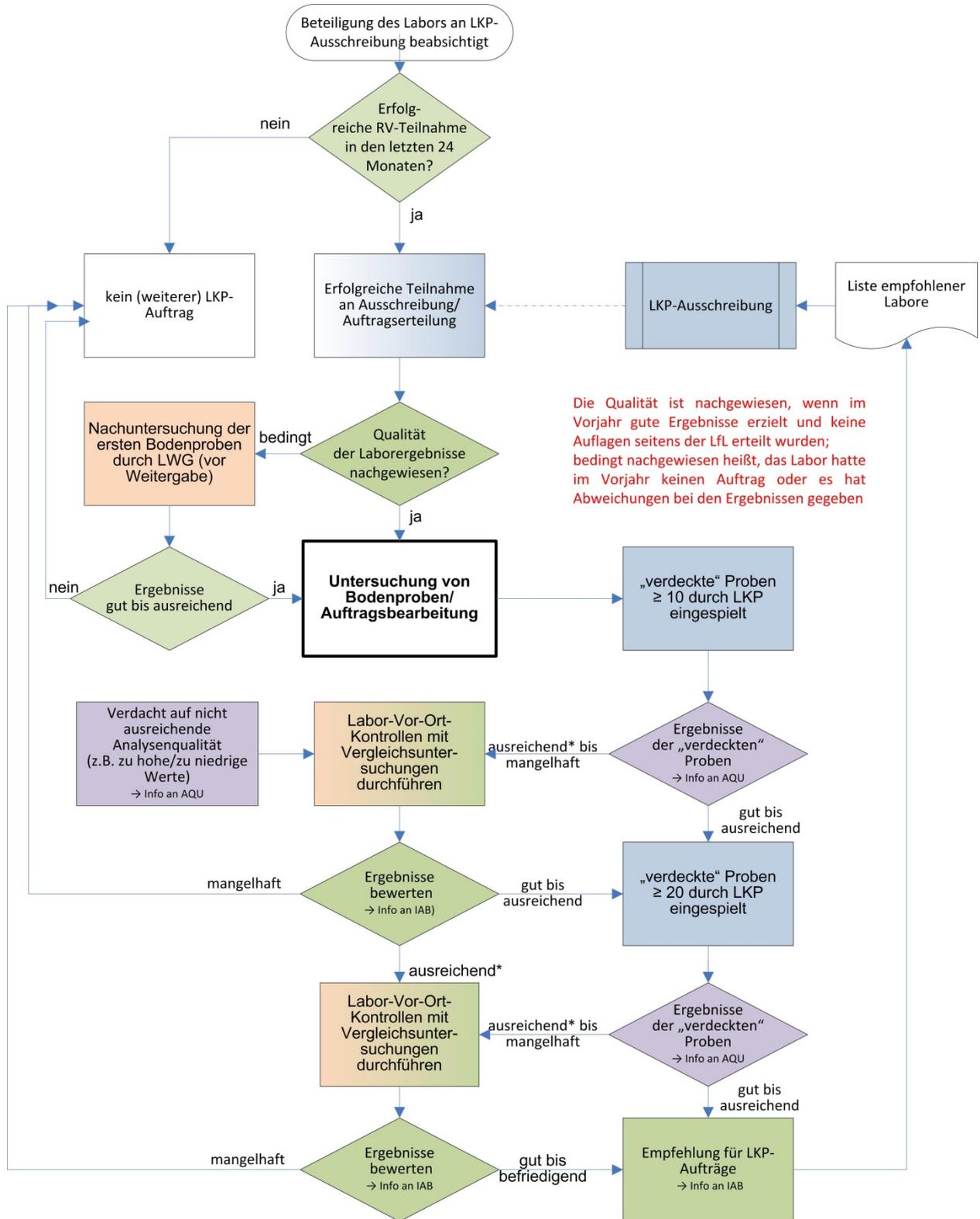
Literaturhinweis:

Alle einschlägigen Untersuchungsmethoden sind beim VDLUFA-Verlag zu erhalten.

VDLUFA, LUFA Speyer, Obere Langgasse 40, 67346 Speyer, info@VDLUFA.de.

Anlage:

Ablauf der externen Qualitätssicherung durch die LfL mittels „verdeckter“ Proben und Labor-Vor-Ort-Kontrollen mit Vergleichsuntersuchungen für die Standard-Bodenuntersuchung



Die Qualität ist nachgewiesen, wenn im Vorjahr gute Ergebnisse erzielt und keine Auflagen seitens der LfL erteilt wurden; bedingt nachgewiesen heißt, das Labor hatte im Vorjahr keinen Auftrag oder es hat Abweichungen bei den Ergebnissen gegeben

ausreichend* = Labor-Vor-Ort-Kontrolle wird nach Ermessen der LfL durchgeführt.

- LKP
- AQU
- LWG
- IAB