

## Feldübung zur N- Nachdüngung zum Schossen von Weizen

### **Hintergrund:**

Nur eine an die Entwicklung des Getreides angepasste N-Aufnahme führt dazu, dass das Ertragspotenzial als Funktion von Licht, Wärme, H<sub>2</sub>O-Angebot, O<sub>2</sub>-Versorgung der Wurzeln, Angebot an anderen Nährstoffen, etc. ausgeschöpft wird.

Überhöhte N-Aufnahmen führen dazu, dass das Ertragspotenzial nicht ausgeschöpft wird, da die Ausbildung der Ertragskomponenten unzureichend ist (zu viele Triebe, kleine Ähren, kleine Körner) oder die Standfestigkeit und Gesundheit beeinträchtigt wird (erhöhte Anfälligkeit für Lager, Schadtiere, z.B. Blattläuse, oder Pilzkrankheiten, z.B. Mehltau).

Der Boden stellt auf dem Weg der Mineralisation von organischer Substanz N zur Versorgung der Pflanzen bereit. Dieser N ist in der Ableitung der optimalen Versorgung der Pflanzen zu berücksichtigen (s.a. Übung zur Düngeplanung im WS). Nachdem sowohl die tatsächliche Entwicklung des Getreides, als auch die Freisetzung an N aus dem Boden stark vom Witterungsverlauf beeinflusst werden, ist ein Abgleich zwischen Planung und Realität angebracht. Dabei ist entscheidend für die angepasste N-Versorgung nicht nur die Menge, sondern auch der Zeitpunkt zu dem N den Pflanzen zur Verfügung steht.

### **Problemstellung:**

**Welche Möglichkeiten gibt es, um die N-Düngung an die N-Bereitstellung (aus Mineralisation und vorheriger Düngung) aus dem Boden anzupassen?**

### **Lernziele:**

1. Überblick über zwei Hilfsmittel zur Bemessung der angepassten N-Düngung zu Getreide:
  - a. Kenntnis der Nitrat-Untersuchung im Pflanzenpresssaft (Diphenyl-Amin-Methode) und der Anwendung des **Diphenylamin-Tests**.
  - b. Kenntnis des **N-Testers** und Durchführung einer Messung.
2. Verständnis für die pflanzenphysiologischen Zusammenhänge, die der Anwendung der jeweiligen Methode zugrunde liegt (=warum funktioniert der Test und was sagt er aus?).

### **Hilfsmittel zur Bemessung der N-Düngung im Getreidebau**

*Die grundsätzliche Planung der N-Düngung unter Berücksichtigung der N-Nachlieferung aus anderen Quellen (Boden, Düngung im Vorjahr, ...) wurde in der Übung im Januar besprochen. In dieser Übung geht es um alternative oder ergänzende Verfahren zur Bemessung einer entwicklungs- und situationsspezifisch optimierten N-Nach-Düngung. Hierdurch wird der Einfluss des Witterungsverlaufes auf die pflanzliche Entwicklung und die Freisetzung an N aus dem Bodenpool besser berücksichtigt.*

Grundsätzlich ergibt sich folgende Aufstellung zur Ermittlung der notwendigen N-Düngung:

$$\boxed{\text{Gesamt-N-Bedarf}} = \boxed{N_{\min}} + \boxed{\text{N-Netto-}} + \boxed{\text{Immission,}} + \boxed{\text{N-Düngung}}$$

(=f(Ertrag, ...))      Mineralisation      weit. Quellen

Die Einträge an N über trockene und nasse Deposition sind dabei den Verlusten über die Gas- und Flüssigphase gleichgesetzt.

Das am weitesten verbreitete N-Düngesystem im Getreidebau teilt die zu düngende Menge in 3 Gaben auf.

- a) zu Vegetationsbeginn im Frühjahr,
- b) zum Schossen
- c) vor dem Ährenschieben bis zur Blüte

**1. N-Grunddüngung** = erste N-Düngung im Frühjahr (Februar/März) unter Berücksichtigung der Bodenuntersuchung auf  $N_{\min}$  (alternativ auch Daten aus Modellen bzw. der Behörden).

**2. N-Nachdüngungen** vom Schossen bis zum Ährenschieben anhand des aktuellen Versorgungszustandes unterstützt durch Beobachtungen bzw. Messungen am Bestand bzw. der Pflanze durch:

- N-Düngefenster
- **$NO_3^-$ -Konzentration** im Pflanzenpresssaft der Stängelbasis
- **N-Tester**: Intensität der Grünfärbung des jüngsten voll entwickelten Blattes (Absorption von Licht aus einer definierten Lichtquelle)
- N-Sensoren (flächige Messung der Lichtreflexion des Pflanzenbestandes)
- Satellitenbilder (flächige Messung der Lichtreflexion des Pflanzenbestandes)

Diese Methoden sind für die Bemessung der ersten N-Gabe **im Frühjahr meist** ungeeignet, da:

- die Getreide zu Vegetationsbeginn ihre Wurzeln noch nicht bis in die tieferen Bodenschichten vorgetrieben haben (Erreichen des  $N_{\min}$ )
- das Wachstum erst einsetzt und damit die Notwendigkeit vorhandenen  $N_{\min}$  dem Boden zu entziehen
- der geringe Anteil an Pflanzenbiomasse/Fläche erschwert flächige Messungen zum Zustand der Pflanzen
- der aktuelle Zustand wird stark durch die Winterwitterung bestimmt, weniger durch den Versorgungsstatus der Pflanze mit N

**Erst ab Ende der Bestockung** ist der Boden so gut **durchwurzelt** und das Wachstum der Pflanze so **dynamisch**, dass auch die im Unterboden vorhandene Nitratmenge sich im aktuellen Zustand der Pflanze bzw. des Pflanzenbestandes widerspiegelt.

Das mit den Pflanzentests erfasste N-Angebot ist eine Folge von:

$N_{\min}$ -Vorrat + N-Düngung im Frühjahr + N-Nettomineralisation seit Vegetationsbeginn abzüglich der seit Vegetationsbeginn erfolgten N-Aufnahme durch die Pflanze

***Die Ableitung von Düngeempfehlungen aus aktuellen Messwerten ist an Feldversuchen zu eichen. Dabei wird ermittelt durch welche N-Gabe beim gegebenen Zustand des Bestandes (=Messwert) der optimale Ertrag erzielt wird.***

Fragen zur Vorbereitung für die Prüfung:

- Woraus wird der Gesamt-N-Bedarf eines Pflanzenbestandes gedeckt?
- Nennen Sie die Hilfsmittel zur Bemessung der N-Düngung und erklären Sie die dahinterliegenden theoretischen Zusammenhänge, warum sie die gesuchte Information liefern!
- Begründen Sie, warum Messungen in und an der Pflanze als Hilfsmittel zur Bemessung der N-Nachdüngung erst ab Ende der Bestockung des Getreides sinnvoll sind!
- Warum müssen Eichversuche zur Ableitung der aktuell optimalen N-Düngegabe aus den aktuell ermittelten Messwerten des jeweiligen Tests durchgeführt werden?

Im Folgenden werden zwei Entscheidungshilfen für die N-Nachdüngung in Wintergetreide vorgestellt und ausprobiert:

1. Der Nitratschnelltest
2. Der N-Tester

**Schnellbestimmung des Nitratgehaltes in der Halmbasis  
(Diphenylamin-Methode oder Merckoquant-Nitrat-Teststäbchen)**

**Diphenylamin-Methode**

(Wollring, J. und Wehrmann, J. in Z. Pflanzenernähr. Bodenk., 153, 47-53 (1990) )

**Prinzip der Methode:**

N-Düngeempfehlungen werden aus der  $\text{NO}_3^-$ -Konzentration im Pflanzenpresssaft abgeleitet.

**Messprinzip:**

Das  $\text{NO}_3^-$  im Pflanzenpresssaft oxidiert eine Reagenzlösung (Diphenylamin-Schwefelsäure). Dadurch entsteht eine Blaufärbung, deren Intensität von der Nitratkonzentration bestimmt wird. Die Düngeempfehlungen werden aus den durchschnittlichen Farbwerten abgeleitet.

**Anwendung der Diphenylamin-Methode -- Zeitraum: Schossen bis Ährenschieben**

*Probenahme:*

- an **10 Stellen**/Untersuchungsfläche ((Teil)schlag) jeweils **1 Haupttrieb** am Wurzelansatz entnehmen

*Probenvorbereitung:*

- je Halm ein ca. **0,5 cm langes Stück** der **Halmbasis** (ca. 0,5 - 1,5 cm oberhalb der Wurzel) abschneiden (Rasierklinge) und auf einer vorbereiteten, dicken Glasplatte verteilen

*Untersuchung:*

- jedes Halmstück mit 2 Tropfen Diphenylamin-Lösung versetzen
- durch kurzes wiederholtes Andrücken und Anheben einer zweiten Glasplatte wird der austretende Zellsaft mit dem Reagenz gründlich durchmischt
- Die Intensität der Blaufärbung der einzelnen Halmstücke wird in 4 Farbwerte unterteilt
- **Farbwert** (s.a. Vergleichskarte) der Probe als Mittelwert der 30 Halmstücke berechnen

Färbung	Farbwert
farblos	0
schwach hellblau bis hellblau	1
hellblau bis dunkelblau	2
dunkelblau bis tief dunkelblau	3

Diese Methode wird in zwei Varianten („*Düngesystemen*“) genutzt:

### Dünge-System I:

- Die Höhe der optimalen N-Gabe zu vorher festgelegten Terminen  
– Schossen und Ährenschieben – wird in Abhängigkeit vom Farbwert festgelegt

**Düngeempfehlung** nach **Düngesystem I**: vorgegebener Düngetermin, z.B. EC 30 und EC 50

Zum vorgegebenen Termin den Farbwert ermitteln und Höhe der N-Gabe aus nachfolgender Übersicht ableiten:

**Höhe der N-Düngung (kg N/ha) hängt vom Farbwert zum vorgegebenen Düngetermin ab:**

Düngetermin	Farbwerte kurz vor Düngungstermin		
	0 bis 1	1 bis 2	2 bis 3
	<b>kg N/ha</b>		
<b>Schoßphase</b>	50 - 40	40 - 20	20 - 0
<b>zum Ährenschieben</b>	90 - 60	60 - 30	30 - 0

### Dünge-System II:

- Der N-Ernährungszustand wird in 7 - 10tägigem Abstand erfasst, so dass bei Unterschreiten bestimmter Grenzwerte umgehend eine N-Düngung erfolgen kann.

**Düngeempfehlung** nach **Düngesystem II**: variabler Düngetermin

Ab Bestockungsende bis Blühbeginn den Farbwert in 7 bis 10tägigem Abstand ermitteln, um den Düngezeitpunkt und die Düngermenge mit Hilfe der folgenden Übersicht abzuleiten:

**Der Zeitpunkt der N-Gabe ist vom Farbwert abhängig, die Höhe durch das Stadium definiert:**

Entwicklungs- Stadium	Farbwert zum Untersuchungstermin	
	< 1	> 1
- Winterweizen	< 0,5	> 0,5
- Wintergerste	< 0,5	> 0,5
<b>Düngung (kg N/ha)</b>		
während der <b>Schoßphase</b> EC 29 bis 49	30 -40	0
<b>Ährenschieb. b. Blühbeginn</b> EC 51 bis 61	40 -60	0

- Mit Dünge-System I wird ein bereits vor dem Düngetermin aufgetretener „N-Mangel“ zu spät erkannt bzw. behoben.
- Mit Dünge-System II werden im Allgemeinen keine höheren Erträge erzielt. Ein eventuell geringerer Düngeraufwand steht ein höherer Aufwand durch wiederholte Messungen und dem höheren Arbeitsaufwand durch unterschiedliche Düngungstermine gegenüber.
- Mischsysteme, d.h. engere Begleitung der Bestände ab der Schoßgabe sind sinnvoll.

Fragen zur Vorbereitung für die Prüfung:

- Warum ist die Nitratkonzentration an der Stängelbasis in guter Indikator für die N-Versorgung?
- Beschreiben Sie das Messprinzip der Diphenylamin-Methode!
- Nennen Sie die Vor- und Nachteile von Dünge-System I und II!
- Sie setzen bis zum Schossen nur organische Dünger zur Deckung des N-Bedarfes ein. Welches „Dünge-System“ würden Sie unter diesen Bedingungen anwenden? Begründen Sie!

## N-Tester - Methode

(Quelle: hpts. Gebrauchsanweisung des Yara-N-Testers)

### Prinzip der Methode:

Aus einem durchschnittlichen Messwert (Lichtdurchgang durch Blätter) verbunden mit einem Sortenkorrekturwert wird die N-Düngeempfehlung abgeleitet.

In vieljährigen Feldversuchen wurde/wird die Beziehung zwischen der N-Tester Messung und der ökonomisch optimalen Höhe der N-Gabe zum BBCH 30-32 oder BBCH 37-51 zu Wintergetreide ermittelt. Aus diesen Untersuchungen leitet sich die N-Düngeempfehlung ab.

### Messprinzip:

Mit Hilfe des Yara N-Testers (ursprünglich *SPAD-Meter*) wird der Chlorophyllgehalt von Blättern beurteilt. Zwei Licht emittierende Dioden schicken nacheinander Licht der Wellenlänge 650 nm und 940 nm durch das Blatt. Die beiden Wellenlängen werden vom Chlorophyll unterschiedlich **absorbiert** (650 nm stark, 940 nm nicht). Mit Hilfe einer Silicium-Photodiode wird das durch das Blatt durchtretende Licht gemessen und zu einem N-Tester-Messwert verrechnet. Je höher der Chlorophyllgehalt, desto höher ist die Lichtabsorption und damit der Messwert. Der Chlorophyllgehalt ist mit dem N-Gehalt korreliert.

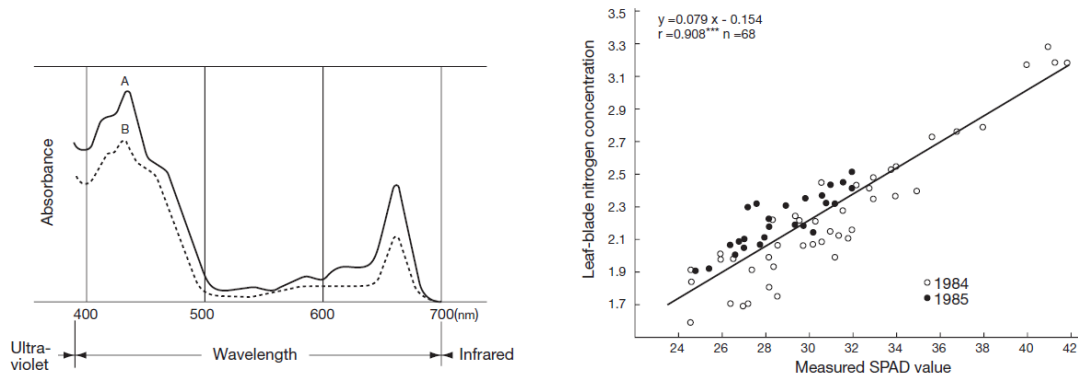


Abb. 1: Absorption von Licht durch zwei Chlorophyllproben in Abhängigkeit von der Wellenlänge des Lichtes und Korrelation zwischen dem SPAD-Wert und der Konzentration an N in der Blattfläche (aus: Konica-Minolta, Chlorophyll Meter SPAD 502plus).

### Sortenkorrektur:

Da sich die Sorten einer Getreideart bei gleicher N-Aufnahme deutlich im Chlorophyllgehalt unterscheiden, wird dies in der N-Düngeempfehlung durch entsprechende Sortenkorrekturwerte berücksichtigt. Neue Sorten werden stetig in die jährlich aktualisierten N-Düngeempfehlungen aufgenommen und in der zugehörigen Yara-APP hinterlegt.

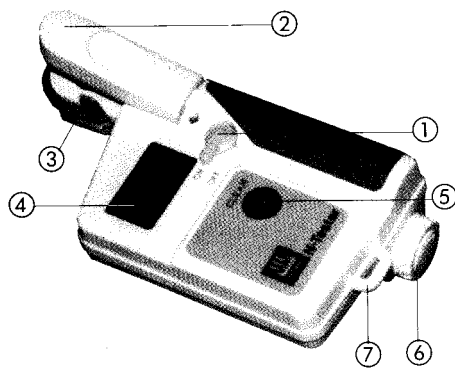
### Unerwünschte Einflüsse auf (N-Sensor- und) N-Tester-Messwerte:

- **Wasserstress** (→ Einrollen der Blätter) verändert die Lichtreflexion des Pflanzenbestandes bei der N-Sensor-Messung
- **Mangel an anderen Nährelementen**, insbesondere S, reduziert den Chlorophyllgehalt (sinnvoll ist der Einsatz eines NS-Düngers zur 1. N-Gabe!).
- Vorausgesetzt wird ein **intensiver Anbau**, d.h. ein eher hoher Ertrag

### Fragen zur Vorbereitung für die Prüfung:

- Beschreiben Sie das Messprinzip des Yara-N-Testers!
- Warum gibt die Blattfärbung Hinweise auf die N-Versorgung der Pflanzen?
- Warum wird ein Sortenkorrekturwert benötigt?
- Welche Bedeutung kommt der Pflanzenart in der Interpretation der Messwerte zu?
- Warum ist das Entwicklungsstadium zur korrekten Interpretation der Messwerte unerlässlich?
- Warum muss der Witterungsverlauf vor der Messung berücksichtigt werden, wenn Empfehlungen zur N-Nachdüngung des Getreides aus den aktuellen Messwerten abgeleitet werden!

## Durchführung der Messung mit dem Yara-N-Tester im Feld (alte Ausführung)



- (2) Meßkopf: Im geschlossenen Zustand wird Messung durchgeführt
- (3) Meßhilfe: zur einfachen Blatteinlage
- (4) Display
- (5) CLEAR-Taste: Löschen aller Meßwerte
- (6) Batteriekammer
- (7) Öse für Tragriemen
- (8) Prüfscheibe: separates Teil zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit des Hydro N-Testers (s. "Kontrolle muß sein")

(1) Schalter: Ein (ON) / Aus (OFF)

1. Einschalten: Schalter (1) auf ON; auf dem Display (4) erscheint "CAL"
2. Drücken Sie den Messkopf (2) ca. 2 Sekunden zusammen, bis ein Piepton ertönt und auf dem Display "N=0" erscheint. (Mit der Messung kann erst nach dieser internen Kalibrierung begonnen werden.)
3. Die Messung ist direkt im Feld an mindestens 30 vollentwickelten jüngsten Weizenblättern in der Mitte (Quer- und Längsrichtung) des Blattes durchzuführen (Bild 1). Die ausgewählten Pflanzen sollen eine repräsentative Probe Ihres Schlages darstellen.

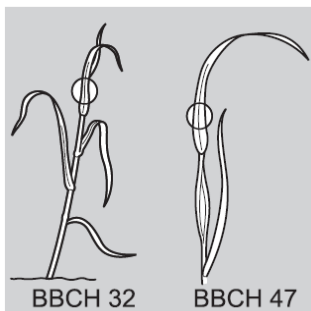
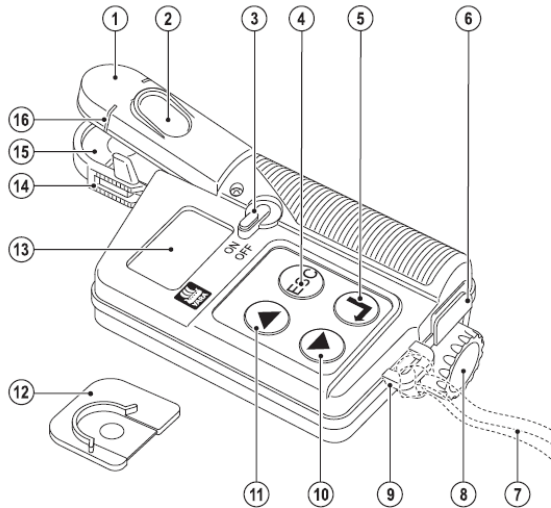


Bild 1: Richtige Positionierung der Messung zu zwei BBCH-Stadien von Wintergetreide (aus: Yara, N-Tester Bedienungsanleitung).

4. Für die Messung legen Sie das Blatt unter den Messkopf und drücken diesen zusammen, bis "N = 1 " erscheint.  
Falls das Blatt nicht optimal eingelegt wurde, ertönt ein Mehrfachpiepton. Wiederholen Sie die Messung, bis im Display "N = 30" erscheint.  
Weichen Messwerte zu stark ab, werden diese automatisch gelöscht. Diese Messungen müssen nachgeholt werden, bis in der Anzeige "N = 30" erscheint und der Mittelwert angezeigt wird.
5. Der vom Gerät angezeigte Wert ist um den in der Düngungstabelle (Plastikkarte) für Ihre Sorte angegebenen Sortenwert zu korrigieren (Ab- bzw. Zuschlag). Mit diesem sortenbereinigten Messwert wird die Höhe der N-Düngung ermittelt.
6. CLEAR-Taste (5) drücken, um eine neue Messreihe zu beginnen.

## Durchführung der Messung mit dem Yara-N-Tester im Feld (neueres Modell)



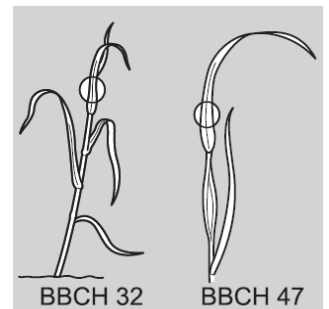
- (1) Meßkopf mit Dauemmulde (2): im geschlossenen Zustand wird gemessen
- (3) Ein- Aus- Schalter
- (4) ESC: Abbrechen/Rückkehr zur vorherigen Anzeige
- (5) Eingabetaste: Auswahl bestätigen
- (6) USB-Anschluss Abdeckung
- (7) Öse für Tragriemen
- (10) Ab: Cursor/Zellenmarkierung nach unten oder rechts
- (11) Auf: Cursor/Zellenmarkierung nach oben oder links
- (12) Kalibrierscheibe

- (13) Display
- (14) Einschiebebegrenzung um im gleichen Abstand vom Blattrand zu messen
- (15) Messfeld und (16) Markierung für den Mittelpunkt des Messfeldes

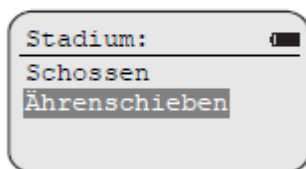
### Messungen durchführen:

(√ = Heute vorab eingestellt/durchgeführt)

1. Interne Kalibrierung √
2. Fruchtart wählen √
3. Sorte wählen √
4. Entwicklungsstadium wählen
5. 30 mal Messen
6. Messergebnis ablesen und bewerten



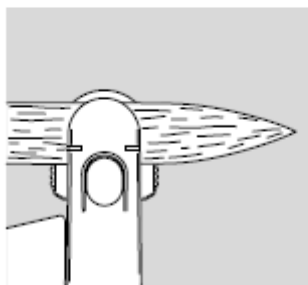
### Entwicklungsstadium wählen




- Markieren Sie das passende Stadium.
- Drücken Sie .




- Halten Sie den N-Tester an die erste Pflanze und legen Sie die Blattspreite des jüngsten voll entwickelten Blattes in den Messkopf.



Der Messbereich (2 x 3 mm) muss vollkommen bedeckt sein. Die beiden Markierungen entsprechen der Mittellinie durch den Messbereich.


1 von 30   
gültige  
Messungen


- Drücken Sie den Messkopf zusammen, bis Sie den Quittungston hören.


23 von 30   
gültige  
Messungen

▪ **Den letzten Wert löschen**



Wenn Sie z. B. das falsche Blatt gemessen haben, können Sie diese Messung wieder löschen.

- Drücken Sie .

Löschen?   
letzter Messwert  
gesamte Reihe  
fortfahren

- Wählen Sie letzter Messwert und drücken Sie .

**Hinweis:**

Um das Menü wieder zu verlassen, können Sie erneut  drücken oder 'fortfahren' wählen und mit  bestätigen.

## Datenerfassung zur Übung --- N-Nachdüngung von Winterweizen

Parzelle/(Teil)Schlag:  BBCH-Stadium:

Messwerte nach **Diphenylamin**-Methode:

Mittelwert, **Diphenylamin**:  Düngempfehlung:

Messwert nach **N-Tester**:  Düngempfehlung

Vergleich der Daten der gesamten Gruppe:

Parzelle/(Teilschlag)	BBCH	Diphenylamin Düngempfehlung (kg N/ha)	N-Tester

Notizen:

## **Material für das Feld für N-Nachdüngung – Übung 2 der Düngeübungen:**

1. Zwei Tische: vier Klappböcke plus zwei Schalbretter
2. Vier Sets Glasplatten zum Pressen
3. Vier Rasierklingen mit einseitiger Schutzklebung
4. 2 Fläschchen Diphenylaminlösung
5. Dest. Wasser zum Reinigen: 2 L Kanister und Spritzflasche
6. 2 Dosen Nitrat-Teststäbchen (200 Stück)
7. Evtl. Farbvergleichspalette zu abgleichen
8. Zwei Yara N-Tester mit Anleitung und Kalibrationskarte
9. Evtl. Karten mit der Sortenkorrektur
10. Umdrucke
11. Versuchsplan und Hintergrundinformationen
12. Zwei Sonnen- bzw. Regenschirme