Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit │Nitratauswaschung aus Böden

Die Landwirtschaft steht vor großen Herausforderungen. Sie muss nicht nur die Ernährung sichern, sondern auch den zunehmenden Bedarf an nachwachsenden Rohstoffen und erneuerbaren Energien decken. Bei der modernen Landwirtschaft stehen dabei auch eine geringe Belastung von Boden, Wasser und Luft im Fokus. Trotz bereits positiver Tendenzen ist die Belastung der Umwelt mit Nitrat aus der Landwirtschaft immer noch ein allgegenwärtiges Diskussionsthema. Nitratausträge sind selbst bei naturnahen Flächen und nicht landwirtschaftlich genutzten Flächen nie ganz vermeidbar, da Stickstoff immer im Boden vorhanden ist (siehe Abbildung 1).

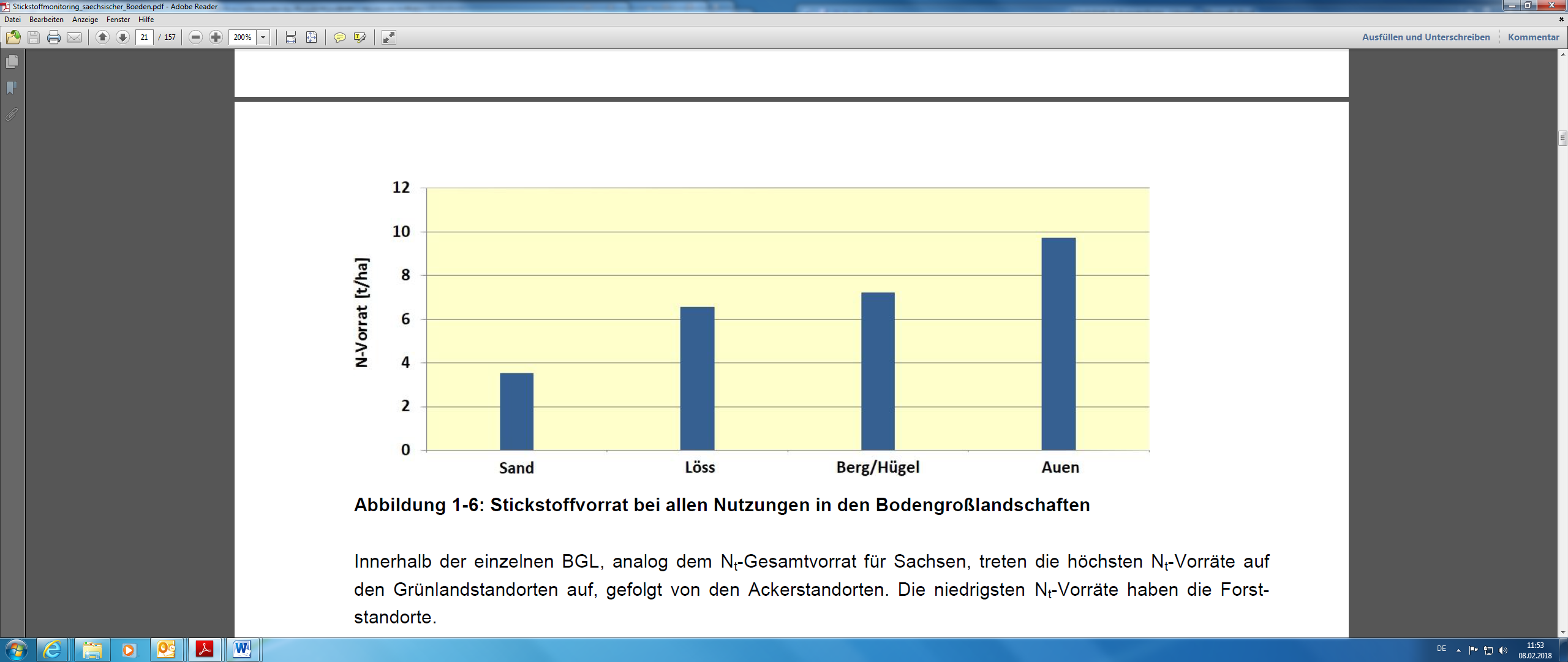


Abbildung 1 Stickstoffvorrat bei je nach Bodenart in Sachsen

Quelle: Stickstoffmonitoring sächsischer Böden (LfULG, 2016)

Durch geeignete Maßnahmen sind Landwirte aber in der Position, Nitratausträge auf ein Minimum zu reduzieren.

1. **Sind Sie als Landwirt in der Lage, Nitratauswaschungen generell zu vermeiden?**

………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

**Stickstoff – lebenswichtiger Nährstoff für Pflanzen:** In den Pflanzen wird Stickstoff (wie auch bei Mensch und Tier) für die Bildung von Eiweiß, Enzymen und Vitaminen benötigt. Pflanzen nehmen Stickstoff während der Wachstumszeit auf und dieser wird dann über die Ernteprodukte von den Ackerflächen abgefahren. Der Entzug wird durch Düngung (mineralisch / organisch) den Ackerflächen wieder zugeführt. Vor der industriellen Herstellung von Stickstoffdüngern begrenzte der Stickstoffmangel die Erträge und Qualitäten im Pflanzenbau. Der Stickstoffeinsatz in der Landwirtschaft hat einen großen Anteil daran, dass die globale Nahrungsmittelproduktion in den vergangenen 50 Jahren in etwa verdoppelt werden konnte.

**Stickstoff im Boden:**



Abbildung 2: Stickstoffkreislauf im Boden

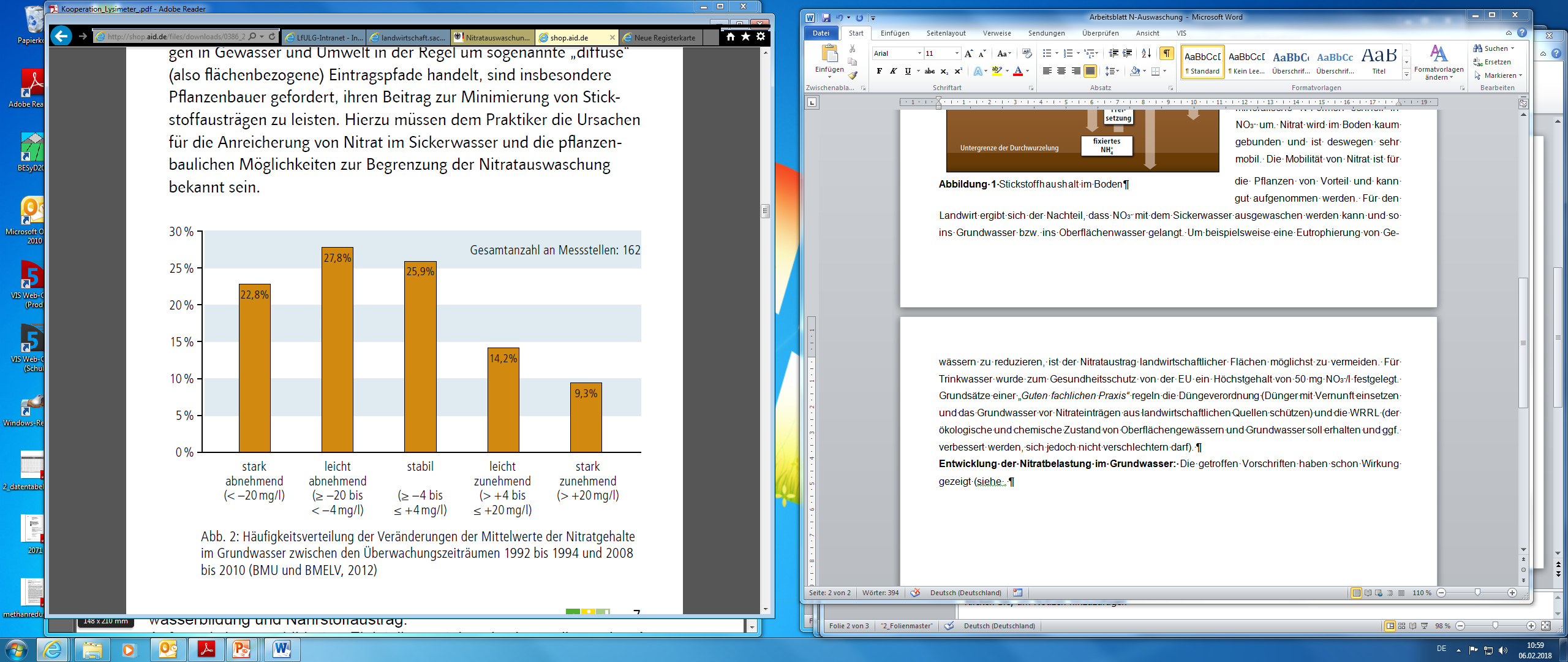
Quelle: Eigene Darstellung

Im Boden liegt Stickstoff (N) in organisch gebundener und in mineralischer Form vor und unterliegt zahlreichen Umwandlungsprozessen (siehe Abb. 2). Ein bedeutendes Glied im Stickstoffkreislauf ist Nitrat (NO3-). In erster Linie dient N zur Hauptquelle des pflanzlichen Bedarfs. Mikroorganismen wandeln bei ausreichend Feuchtigkeit im Boden und bei entsprechenden Temperaturen andere mineralische N-Formen schnell in NO3- um. Nitrat wird im Boden kaum gebunden und ist deswegen sehr mobil. Die Mobilität von Nitrat ist für die Pflanzen von Vorteil und kann so gut aufgenommen werden. Für den Landwirt ergibt sich der Nachteil, dass NO3- mit dem Sickerwasser ausgewaschen werden kann und so ins Grundwasser bzw. ins Oberflächenwasser gelangt. Um beispielsweise eine Eutrophierung von Gewässern zu reduzieren, ist der Nitrataustrag landwirtschaftlicher Flächen möglichst zu vermeiden. Für Trinkwasser wurde zum Gesundheitsschutz von der EU ein Höchstgehalt von 50 mg NO3-/l festgelegt. Grundsätze einer „*Guten fachlichen Praxis“* regeln die Düngeverordnung (Dünger mit Vernunft einsetzen und das Grundwasser vor Nitrateinträgen aus landwirtschaftlichen Quellen schützen) und die WRRL (der ökologische und chemische Zustand von Oberflächengewässern und Grundwasser soll erhalten und ggf. verbessert werden, sich jedoch nicht verschlechtern darf).

1. **Warum ist Nitrat für den Pflanzenbau so wichtig? Worin besteht die Gefahr für die Gesundheit von Mensch und Umwelt?**

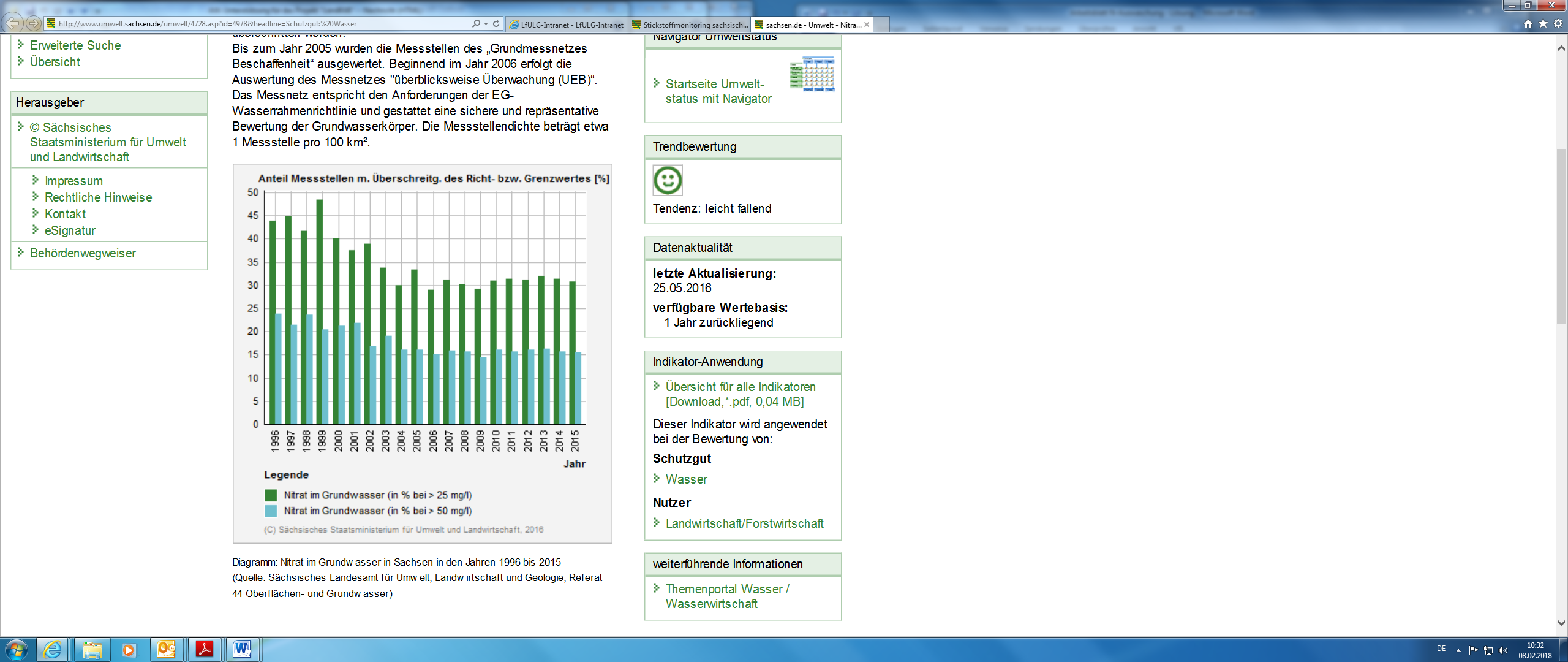
……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………..

**Entwicklung der Nitratbelastung im Grundwasser:** Die getroffen Vorschriften haben schon Wirkung gezeigt (siehe ). Meist handelt es sich bei den Eintragsquellen um *„diffuse“* (flächenbezogene) Quellen. Hier sind insbesondere die Pflanzenbauer gefordert, ihren Beitrag zur Minimierung von Stickstoffausträgen zu leisten. Um Maßnahmen effektiv und wirkungsvoll umsetzen zu können, müssen dem Praktiker die Ursachen für die Anreicherung von NO3- im Sickerwasser und die pflanzenbaulichen Möglichkeiten zur Begrenzung der Nitratauswaschungen bekannt sein.



**Abbildung 3** Häufigkeitsverteilung der Veränderungen der Mittelwerte der Nitratgehalte im Grundwasser zwischen den Überwachungszeiträumen 1992 bis 1994 und 2008 bis 2010

Quelle: BMU und BMELV, 2012)



**Abbildung 4** Nitrat im Grundwasser in Sachsen in den Jahren 1996 bis 2015

Quelle: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Der Indikator in gibt den prozentualen Anteil der Messstellen an, bei denen 25 mg/l Nitrat (Besorgniswert der Richtlinie 91/676 EWG) bzw. 50 mg/l Nitrat (Schwellenwert der GrwV; Qualitätsnorm des Anhanges V der Richtlinie 2000/60 sowie Grenzwert der TrinkwV) überschritten werden. Die Messstellendichte beträgt etwa 1 Messstelle pro 100 km². Die Dichte der Messstellen ist deutlich angewachsen (1996: 96 Messstellen, 2005: 87 Messstellen, 2008 173 Messstellen und 2015: 201 Messstellen).

1. **Was können Sie Abbildung 4 entnehmen? Beurteilen Sie die Aussagekraft des Indikators!**

……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………..

**Faktoren der Nitratauswaschung aus Böden:** Der zu Vegetationsbeginn vorhandene Nmin und der während der Vegetationszeit aus der organischen Substanz (Humus, Reste aus Vor- / Zwischenfrucht, Mikroorganismenbiomasse), mineralisierte N werden unter normalen Witterungsbedingungen und bei speicherfähigen Böden von den Pflanzen aufgenommen. Dies gilt auch für den mineralischen ausgebrachten Dünger, eine bedarfsgerechte Düngung vorausgesetzt. Bei Pflanzen mit langsamer Jugendentwicklung (z. B. Mais, Zuckerrüben) besteht vor allem auf Böden mit geringer Wasserspeicherfähigkeit (z. B. Sandböden) die Gefahr, dass auch ein Teil des im Frühjahr vorhandenen Nmin - Vorrates ausgewaschen wird. Bei Düngung nach Bedarf hinterlassen die meisten Ackerkulturen bei der Ernste im Spätsommer / Herbst nur geringe Nitratmengen im Boden. Diese können sich bis zum Vegetationsbeginn jedoch noch verändern, u. a. durch:

* N-Mineralisierung aus Ernteresten
* verstärkte N-Mineralisierung der organischen Substanz des Bodens aufgrund von Bodenbearbeitung
* N-Entzug der Folgekultur (Haupt-, Zweit- oder Zwischenfrucht)
* N-Immobilisierung (z. B. wenn Stroh auf dem Acker verbleibt)

Die Reststickstoffmenge zu Vegetationsende ist von besonderer Bedeutung für die Bewertung einer umweltverträglichen Bewirtschaftung, da diese während der Hauptsickerwasserperiode im Winter verlagert und ausgewaschen werden kann. Bei Lössböden kann sich aus einem jährlichen geringen positiven Saldo ein Stickstoffdepot entwickeln, das einerseits für verfügbare Stickstoffvorräte für die Pflanzen sorgt, andererseits aber als Stickstoffquelle – vorwiegend als Nitrat – für das Sickerwasser dienen.

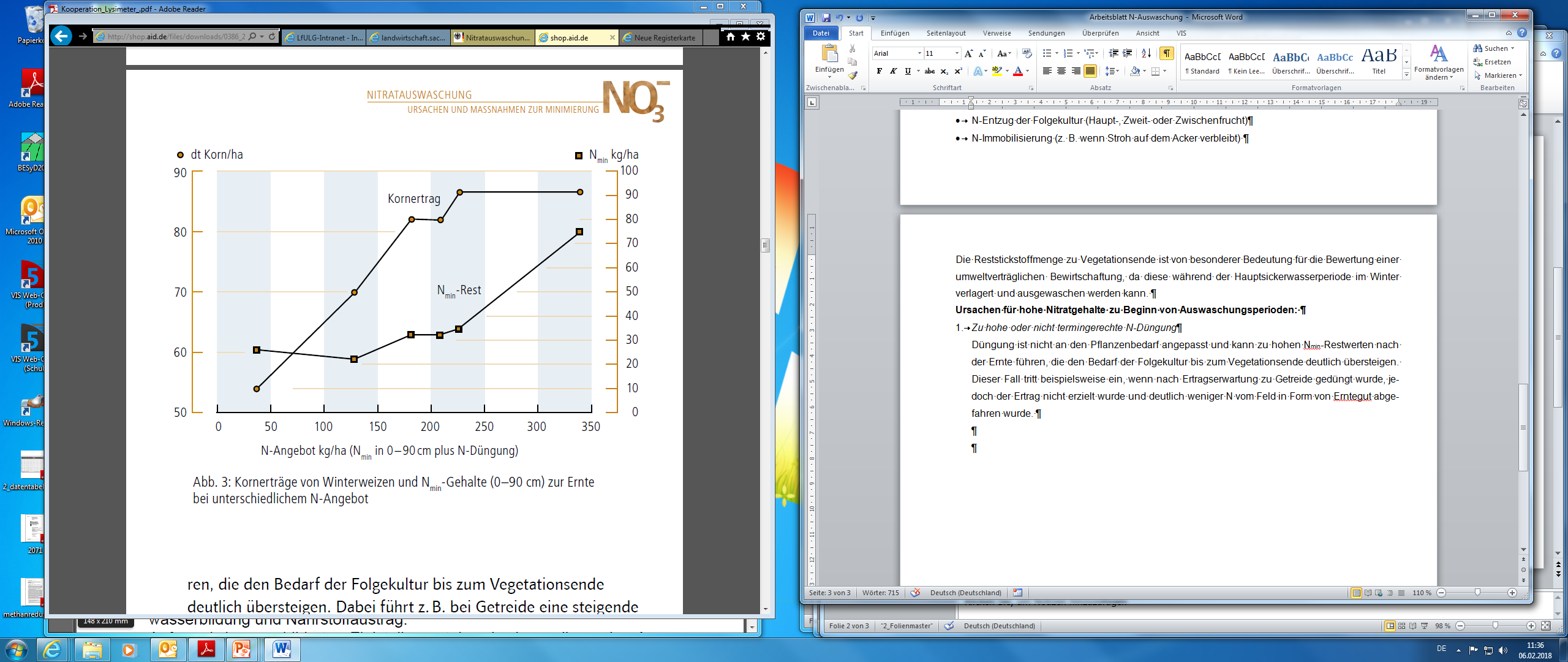
**Ursachen für hohe Nitratgehalte zu Beginn von Auswaschungsperioden:**

1. *Zu hohe oder nicht termingerechte N-Düngung*

Düngung ist nicht an den Pflanzenbedarf angepasst und kann zu hohen Nmin-Restwerten nach der Ernte führen, die den Bedarf der Folgekultur bis zum Vegetationsende deutlich übersteigen. Dieser Fall tritt beispielsweise ein, wenn nach Ertragserwartung zu Getreide gedüngt wurde, jedoch der Ertrag nicht erzielt wurde und deutlich weniger N vom Feld in Form von Erntegut abgefahren wurde.

Abbildung 5 Kornerträge von Winterweizen und Nmin-Gehalte (0-90 cm) zur Ernte bei unterschiedlichem N-Angebot

Quelle: BMU und BMELV, 2012



Zu späte N-Gaben oder das Ausbleiben von ausreichend Feuchtigkeit nach der N-Gabe können zu einer unerwünschten Erhöhung der Mineralstickstoffmengen im Winter führen, womit sich auch das Risiko der Nitratauswaschung erhöht. Wird mehr N-Dünger verabreicht, als die Pflanze verwerten kann, nehmen die Nmin-Restwerte zu (siehe Abbildung 5). Bei mehrjähriger Düngung mit organischen Düngern reichert sich im Laufe der Jahre der N-Pool im Boden an, da hier eine Langzeitwirkung besteht.

1. *Rasche Mineralisierung großer Mengen stickstoffreicher Ernterückstände*

Je nach Pflanzenart werden dem Boden mit den Ernterückständen unterschiedliche Mengen an N zugeführt. Ein Teil dieser N-Menge steht nach Mineralisierung der Folgekultur wieder zur Verfügung, und zwar umso schneller, je enger das C/N-Verhältnis der Ernterückstände ist. Ein weites C/N-Verhältnis und eine späte Einarbeitung vermindern die Mineralisationsrate bis zum Vegetationsbeginn im Folgejahr.

1. *Beeinträchtigung der Stickstoffaufnahme der Pflanzen*

Die N-Aufnahme der Pflanzen kann z. B. durch Trockenheit, Krankheiten und Schädlingsbefall beeinträchtigt und minimiert werden und so zu hohen Nmin-Restwerten nach der Ernte führen. Dies gilt besonders dann, wenn zum Zeitpunkt der Düngung eine Erntedepression noch nicht vorhergesehen werden kann.

1. *Anbau von Pflanzen, die zum Erntetermin und nach der Ernte einen hohen Nmin-Restwert im Boden hinterlassen*

Beim Anbau von Gemüse, das in der Hauptwachstumsphase geerntet wird, sind vergleichsweise hohe Nmin-Reste nach der Ernte kaum zu vermeiden. Wegen des bis kurz vor dem Erntetermin hohen täglichen Stickstoffbedarfs werden ein optimaler Ertrag und eine gute Produktqualität nur erreicht, wenn bis zum Schluss genügend Nitrat im Wurzelbereich vorhanden ist. Das bedeutet, dass bei Spinat, wie auch bei einigen anderen Pflanzenarten, selbst bei bedarfsgerechter N-Dünung zum Erntetermin hohe Nmin-Reste im Boden verbleiben, die z. B. durch angepasste Fruchtfolgegestaltung vor Auswaschung geschützt werden müssen. Ein höherer Nmin-Rest kann auch nach der Kartoffelernte auftreten, da die dabei auftretende Belüftung des Bodens die N-Mineralisation fördert.

1. *Anbau schwach zehrender Pflanzenarten*

Langsam wachsende Pflanzenarten nutzen wegen ihres geringen N-Bedarfs oft nicht einmal die aus der Mineralisierung laufend freigesetzten N-Mengen vollständig. Hierzu zählen z. B. Feldsalat und manche Obstgehölze.

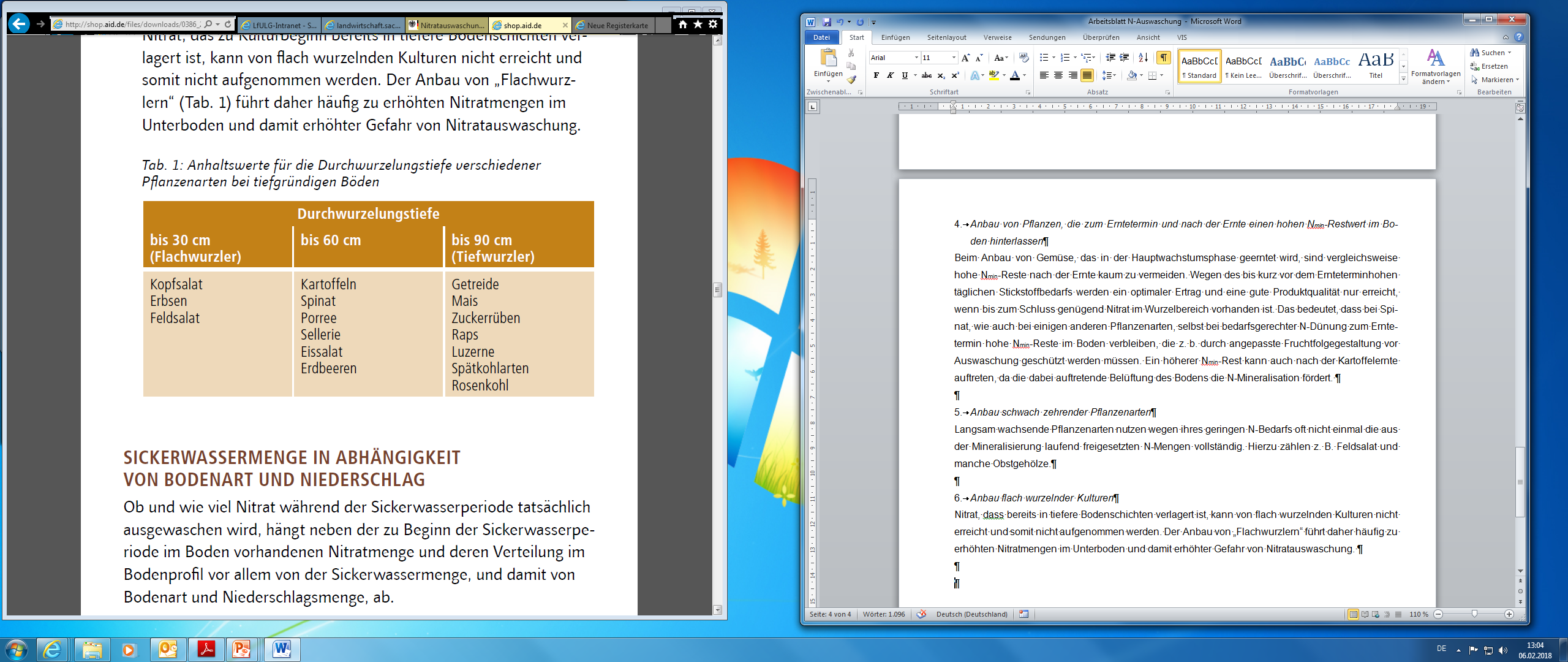
1. *Anbau flach wurzelnder Kulturen*

Nitrat, das bereits in tiefere Bodenschichten verlagert ist, kann von flach wurzelnden Kulturen nicht erreicht und somit nicht aufgenommen werden. Der Anbau von „Flachwurzlern“ führt daher häufig zu erhöhten Nitratmengen im Unterboden und damit zu erhöhter Gefahr von Nitratauswaschung.

1. *Nicht direkt mit der Landwirtschaft in Verbindung stehende Faktoren*

Bei extremen Ereignissen, wie sehr starken und länger anhaltenden Niederschlägen oder aber intensiven Schneeschmelzen und daraus resultierender massiver Sickerwasserbewegung kann es zu einer raschen Stickstoffverlagerung kommen. Auch bei Überschwemmungsereignissen steigt die Nitratkonzentration im Sickerwasser sprunghaft an. Eine starke Nitratverlagerung ist die Folge. Falls in Folge des Klimawandels die Anzahl der extremen Wetterereignisse steigt, steigt damit das Risiko einer raschen Nitratverlagerung.

Tabelle 1 Anhaltswerte für die Durchwurzelungstiefe verschiedener Pflanzenarten bei tiefgründigen Böden

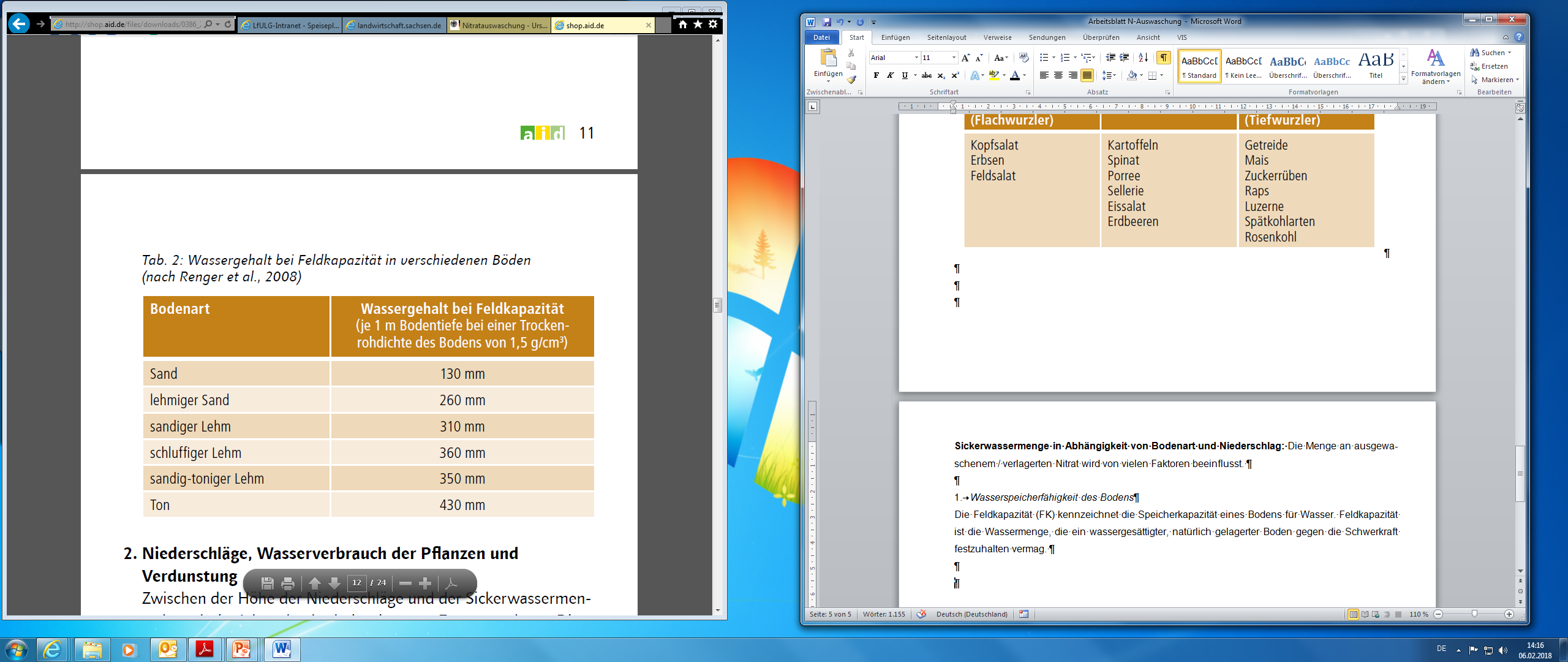


**Sickerwassermenge in Abhängigkeit von Bodenart und Niederschlag:** Die Menge an ausgewaschenem / verlagerten Nitrat wird von vielen Faktoren beeinflusst.

1. *Wasserspeicherfähigkeit des Bodens*

Die Feldkapazität (FK) kennzeichnet die Speicherkapazität eines Bodens für Wasser. Feldkapazität ist die Wassermenge, die ein wassergesättigter, natürlich gelagerter Boden gegen die Schwerkraft festzuhalten vermag.

**Tabelle 2** Wassergehalte bei Feldkapazität in verschiedenen Böden



Quelle: Renger, et al., 2008

1. *Niederschläge, Wasserverbrauch der Pflanzen und Verdunstung*

Zwischen der Höhe der Jahresniederschläge und der Sickerwassermenge kann ein enger Zusammenhang hergestellt werden. Die Differenz zwischen Niederschlag und Sickerwasser ist das Ergebnis des Wasserverbrauchs der Pflanzen (*Transpiration*)und der Wasserverdunstung (*Evaporation*). Sickerwasser fällt vornehmlich im Winterhalbjahr an.

1. *Sickerwassermenge*

Im Bodenwasser gelöstes Nitrat wird mit dem Sickerwasser vertikal im Boden nach unten verlagert oder in Hanglagen mehr oder weniger in großem Umfang mit dem Hangabfluss direkt in Oberflächengewässer verlagert.

Eine Nitratverlagerung um 30 cm erfordert je nach Bodenart verschiedene Mengen an Niederschlag:

* bei Lössböden (33 % FK) 100 mm
* bei lehmigen Sanden (20 % FK) 60 mm
* bei Sandböden (10 % FK) 30 mm

1. **Welche Beziehungen zwischen Nitratgehalten im Sickerwasser einerseits und Düngergaben, Oberflächenwasserzufuhr und Substraten andererseits deuten sich an?**

………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

1. **Auf welchen Böden bzw. in welchen Situationen besteht erhöhte Gefahr für Nitratauswaschung mit dem Sickerwasser?**

………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

**Maßnahmen zur Verringerung der Nitratauswaschung:** Da hier viele, für den Landwirt nicht kalkulierbare Einflussgrößen vorliegen, kommt es darauf an, die Nitratgehalte der Böden zu Beginn der Auswaschungsperioden möglichst gering zu halten.

Um diesem Kernziel gerecht zu werden, müssen pflanzenbauliche Maßnahmen beachtet und konsequent umgesetzt werden.

* a) bedarfsgerechte N-Düngung
* b) Fruchtfolgegestaltung
* c) Bodenbearbeitung und Einarbeitung von Ernteresten und Zwischenfrüchten

1. Eine auf hohe Erträge und gute Qualität ausgerichtete N-Düngung (angepasst) hat nicht automatisch stärkere Auswaschung von Nitrat zur Folge. Zu hohe Düngergaben sind aus ökologischen Gründen unerwünscht und zudem auch wirtschaftlich zu vermeiden. Um diese Verluste auf niedrigem Niveau zu halten, ist es wichtig

* Höhe der Düngergabe
* Zeitpunkt und Verteilung der Dünger
* verwendete Düngerform

Ziel ist nicht der Maximalertrag sondern das Düngeoptimum.

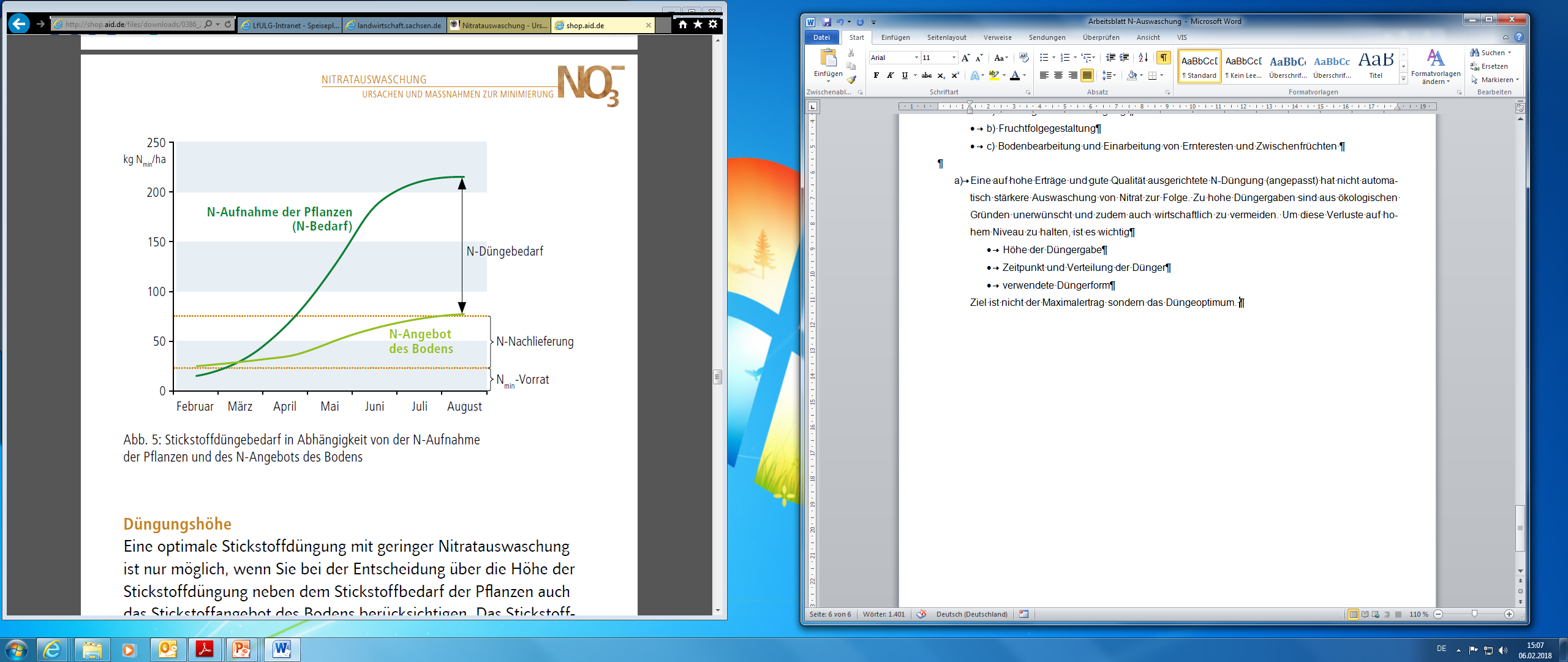


Abbildung 6 Stickstoffdüngerbedarf in Abhängigkeit von der N-Aufnahme der Pflanzen und des N-Angebots des Bodens

Quelle: BMU und BMELV, 2012

* **N-Bedarf:** vom Pflanzenbestand bei optimaler Ernährung aufgenommene Stickstoffmenge
* **N-Entzug:** die mit dem Erntegut vom Feld abgefahrene N-Menge
* Eine Dünung in Höhe des Bedarfes ist zu hoch, da hierbei das N-Angebot des Bodens nicht berücksichtigt wird.

**Mineraldüngung:** Bei speicherfähigen Böden (Lehm) und tiefwurzelnden Kulturen führen selbst einmalige höhere Mineraldüngergaben zum Saat- bzw. Pflanztermin nur zu einer geringen Auswaschungsgefahr. Dies gilt jedoch nur, solange die verabreichte Düngemenge den tatsächlichen Bedarf nicht übersteigt. Der tatsächliche Bedarf eines Pflanzenbestandes lässt sich bei Aufteilung der Düngemenge in mehrere Teilgaben besser abschätzen und so auch optimieren. Besonders bei sandigen Böden und flachwurzelnden Kulturen (z. B. Salat) ist die Aufteilung der Düngemenge erstrebenswert, um Auswaschungsverluste zu vermindern. Düngergaben auf leichten Sandböden schlagen sofort auf die Nitratgehalte des Sickerwassers durch. Tiefgründige Lössböden und stark schluffig-tonige Böden können Nitrat offensichtlich akkumulieren, hier gibt es kaum Sickerwasser.

**Organische Düngung:** Die neue Düngeverordnung sorgt für eine Entschärfung der Nitratauswaschung im Herbst und Winter. Generell empfiehlt es sich:

* Ausbringung org. Dünger erst unmittelbar vor Kulturbeginn
* Langzeitwirkung der org. Dünger bei der Bedarfsermittlung berücksichtigen
* Gülle wegen des hohen Gehaltes an Ammoniumstickstoff nach den Grundsätzen der Mineraldüngung verwenden

**Düngerform:**

* Ausweichen auf N-Dünger, die kein Nitrat enthalten (Ammonium- und Harnstoffbasierte Dünger)
* Verwendung von Nitrifikationshemmern

Die eben aufgeführten Möglichkeiten die Nitratauswaschung zu vermindern haben nur eine kurzeitige Wirkung im Verlauf der Vegetationsperiode. Bis zur Ernte wird der Stickstoff von den Pflanzen als Ammonium aufgenommen. Bleiben N-Mengen in Form von Ammonium im Boden zurück, wird dieses von Mikroorgansimen zu Nitrat umgewandelt. Auch die Wirkung von Nitrifikationshemmern ist zeitlich begrenzt. Es zeigt sich aber ein positiver Effekt, wenn Nitrifikationshemmer bei einer frühzeitigen Gülleausbringung im Frühjahr in Kulturen mit langsamer Jugendentwicklung zum Einsatz kommen.

**Fruchtfolgegestaltung:**

* von besonderer Bedeutung sind Ertrag und Wachstumsdauer (N-Aufnahmevermögen im Herbst)
* Durchwurzelungstiefe
* Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten
* Anbau tiefwurzelnder Pflanzenarten
* Förderung des Pflanzenwachstums durch Bereitstellung aller benötigten Nährstoffe
* Vermeidung durch Ertragsdepressionen (z. B. durch Beregnung und angepassten Pflanzenschutz)

**Bewirtschaftungsmaßnahmen:** Als Landwirt sollte man versuchen, durch acker-/pflanzenbauliche Maßnahmen die Nitratverluste durch mikrobielle Freisetzung von Nitrat zwischen Herbst und Frühjahr zu verringern. Ein Einfluss auf die Sickerwassermenge scheint in der Praxis eher sehr schwierig beeinflussen zu sein.

1. **Welche Überlegungen könnten Sie anstellen, um anhand der Bewirtschaftung einen Betrag zur Verminderung der Nitratauswaschung leisten zu können?**

………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

**Zusammenfassung wichtiger Einflussfaktoren auf die Nitratauswaschung:**

**Tabelle 3** Wichtige Einflussfaktoren auf die Nitratauswaschung aus dem Boden

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Wirtschaftsweise, Bestands- und Standorteigenschaften** | **Gefahr der Nitratauswaschung ist …** | |
| **… gering, wenn …** | **… hoch, wenn …** |
| N-Bedarf des Bestandes | Hoch | Gering |
| geteilte N-Düngung | Ja | Keine |
| Düngebedarfsermittlung (Nmin und Pflanzenanalyse) | Ja | Keine |
| N-Bilanz (Düngung – Abfuhr) | Ausgeglichen | Hoch, Positiv |
| organische Düngung | Keine | Hoch, Langjährig |
| Restnitrat | Gering | Hoch |
| Kulturdauer | Lang | Kurz |
| Wurzeltiefgang | Tief | Flach |
| N-Menge der Ernterückstände | Gering | Hoch |
| Einarbeitungstermin der Ernterückstände | Winter/Frühjahr | Herbst |
| Zwischenfrüchte | Kräftiger Bestand | Keine |
| Brachezeiten | Kurz | Lang |
| Niederschläge / Beregnung | Ausgeglichen | Übermäßig |
| Feldkapazität der Wurzelzone | Hoch | Gering |
| Bodenart | Lehm | Sand |

Es gibt eine Reihe von Maßnahmen, die geeignet sind, die Nitratauswaschung zu verringern. Man kann aber nicht von einer kurzfristigen Wirkung auf den Nitrathaushalt des Trinkwassers ausgehen. Nitrat wandert im Grundwasserleiter nur verhältnismäßig langsam (oft nur 1 m/Jahr).

Eine Optimierung der N-Düngung ist durchaus mit Gewinn für den Betrieb verbunden. Hingegen sind der Anbau von Zwischenfrüchten mit Kosten und Mehraufwand einhergehend. Dennoch können diese Maßnahmen langfristig sinnvoll für den Umweltschutz sein und man kann kostspielige Eingriffe in die Betriebsstruktur vermeiden, wie...

* Verlagerung des intensiven Pflanzenbaus aus Wasserschutzgebieten
* Verlagerung von Wassergewinnungsanlagen aus Gebieten mit Intensivkulturen
* Entfernung von Nitrat aus dem Trinkwasser
* Begrenzung der N-Düngung auf ein suboptimales Niveau

# Literaturverzeichnis

Renger, M., Bohne, K., Facklam, M., Harrach, T., Riek, W., Schäfer, W., . . . Zacharias, S. (2008). *"Kennwerte des Bodengefüges" zur Schätzung bodenphysikalischer Kennwerte.* DBG-Arbeitsgruppe, Berlin.