

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEUREMaschineneinsatz unter Berücksichtigung
der Befahrbarkeit landwirtschaftlich
genutzter Böden

VDI 6101

Machine operation with regard to the
trafficability of soils used for agricultureAusg. deutsch/englisch
Issue German/English*Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.**The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.*

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note	2
Einleitung	2	Introduction	2
1 Anwendungsbereich	3	1 Scope	3
2 Rahmenbedingungen für den Maschineneinsatz.	4	2 General conditions for machinery use	4
2.1 Fruchtart und Fruchtfolge	4	2.1 Crops and crop rotation	4
2.2 Bodenbearbeitung und Bestellung	8	2.2 Soil cultivation and tillage	8
2.3 Düngung und Pflege	11	2.3 Fertilizing and care	11
2.4 Ernte	16	2.4 Harvesting	16
2.5 Bodenstruktur, Bodenverdichtung und Bodenfunktionen	23	2.5 Soil structure, soil compaction, and soil functions	23
2.6 Witterung und Bodenfeuchte	28	2.6 Weather and soil water content	28
3 Technische Ausstattung für den Einsatz von Traktoren, selbstfahrenden Arbeitsmaschinen, Geräten und Anhängern	32	3 Technical equipment for the use of tractors, self-propelled machines, implements, and trailers.	32
3.1 Reifen- und Bandfahrwerke	32	3.1 Running gears and track system	32
3.2 Fahrwerke an landwirtschaftlichen Arbeitsmaschinen und Fahrzeugen	38	3.2 Undercarriages on agricultural machines and vehicles	38
4 Interaktion Maschine/Boden	41	4 Machine/soil interaction	41
4.1 Bodenbelastung, Bodenbeanspruchung und Bodenverformung	41	4.1 Soil load, soil stress, and soil deformation	41
4.2 Bodenfunktion, Vertikalspannung im Boden, Kontaktflächendruck, Reifennendruck, Radlast	52	4.2 Soil function, vertical stress in the soil, contact area pressure, tyre inflation pressure, wheel load	52
5 Entscheidungshilfen für den bodenschonenden Maschineneinsatz	54	5 Decision aids for soil-protecting machinery use	54
5.1 Acker- und pflanzenbauliche Vorsorgemöglichkeiten	55	5.1 Possible agronomical prevention measures	55
5.2 Arbeitsverfahren bei der Bodennutzung	56	5.2 Techniques of soil use	56
5.3 Technische Möglichkeiten zur Minderung der Spannungen im Boden	58	5.3 Technical possibilities for the reduction of soil stress.	58
Glossar	60	Glossary	60
Schrifttum.	67	Bibliography	67

VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences (TLS)

Fachbereich Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik

VDI-Handbuch Technik Biomasse/Boden
VDI-Handbuch Ressourcenmanagement in der Umwelttechnik

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser VDI-Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Einleitung

Nachhaltige Landbewirtschaftung berücksichtigt, wie bei der Düngung und beim Pflanzenschutz, auch bei der Bodennutzung wirtschaftliche, ökologische und soziale Aspekte. Handlungsempfehlungen und Schutzmaßnahmen zur „guten fachlichen Praxis“ [9] sind für den Landwirt die Basis, den physikalischen Bodenschutz hinsichtlich der Vorbeugung oder Minderung von Bodenschadverdichtung – im Sinne eines langfristigen Erhalts von Bodenfunktionen (z.B. Ertragsfähigkeit) – entsprechend seinen betriebsspezifischen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen.

In der Landwirtschaft werden leistungsfähige Maschinen, Geräte und Fahrzeuge eingesetzt, um Lebens- und Futtermittel, Rohstoffe und Energiepflanzen, orientiert an den Anforderungen eines modernen Verbraucherschutzes und an Umweltaforderungen, rationell zu produzieren. Es liegt im Interesse des Landwirts und geht konform mit Vorgaben der Politik und damit der Gesellschaft, die Landwirtschaft an den Zielen der Nachhaltigkeit auszurichten.

Bodenbearbeitung, Bestellung, Düngung, Pflege und Ernte erfolgen unter heutigen Rahmenbedingungen mit leistungsstarken und hochwertigen Maschinen, die aus Gründen der termingerechten, fachlich richtigen und präzisen Arbeitserledigung sowie der Kosten effizient eingesetzt werden müssen. Leistungsstarke Maschinen bieten Bunker- und Transportvolumina, Zapfwellenleistung sowie benötigte Zugkraft, wobei unter Feldbedingungen der Triebkraftbeiwert allerdings maximal etwa 0,5 beträgt; das heißt, dass kaum mehr als 50 % der Radlast in Triebkraft umgesetzt werden können.

Maschinen und Fahrzeuge belasten den Ackerboden in der Kontaktfläche durch verschiedene am Fahrwerk auftretende Kräfte. Dies sind zum einen Verti-

Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions specified in the VDI Notices (www.vdi.de/richtlinien).

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

Introduction

Like in fertilizing and plant protection, sustainable agriculture includes economic, ecological, and social aspects in the consideration of land use. For the farmer, recommendations and protective “good practice” measures [9] are the basis for the consideration of physical soil protection with regard to the prevention or reduction of harmful soil compaction for the long-term preservation of soil functions (e.g. yield capacity) depending on the specific conditions on his farm.

In agriculture, efficient machines, implements, and vehicles are used for the economical production of food, feed, raw materials, and energy plants based on the requirements of modern consumer protection and environmental needs. The orientation of agriculture towards the goals of sustainability is in the interest of the farmer and conforms with the demands of politics and society.

Under current conditions, soil cultivation, tillage, fertilizing, care, and harvesting are carried out with the aid of high quality machines providing large outputs, which must be used efficiently for timely, proper, and precise work as well as for cost reasons. Efficient machines offer hopper and transport volumes, PTO and tractive power. Under field conditions, however, the maximum tractive force coefficient is only approximately 0,5, which means that only about 50 % of the wheel load can be converted into tractive force.

In the contact area, machines and vehicles put loads on the soil as a result of different forces acting on the chassis. These are vertical forces caused by the

kalkräfte infolge Fahrzeugleergewicht und Nutzmasse, die sich dreidimensional als Spannungen im Boden fortpflanzen. Zum anderen treten bei gelenkten und angetriebenen Fahrwerken zusätzlich Horizontalkräfte auf, die in unterschiedliche Richtungen wirken. Es sind dies die Lenkkräfte, die bei der Fahrzeuglenkung quer zur Fahrtrichtung wirken, und es sind in oder gegen die Fahrtrichtung wirkende Trieb- oder Bremskräfte sowie Stützkkräfte am Hang. Die Horizontalkräfte erzeugen horizontale Scherspannungen hauptsächlich im Oberboden.

Die in den Boden eingetragenen Spannungen beanspruchen die Bodenstruktur. Dadurch ist die Gefahr eines Gefügeschadens durch Schadverdichtung in Ackerkrume, Krumenbasis und Unterboden gegeben. Ob es tatsächlich zu einer schädlichen Bodenveränderung kommt, hängt von den Bedingungen am Fahrwerk und den Bodenverhältnissen während des Befahrens ab.

Die Vermeidung oder Verminderung anthropogen verursachter Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen gehört zu den Leitbildern nachhaltiger Landwirtschaft. Es liegt im Interesse des Landwirts und wird seit Inkrafttreten des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) auch vom Gesetzgeber verlangt, dass Landwirtschaft Vorsorgepflichten erfüllt und gegebenenfalls Maßnahmen zur Gefahrenabwehr zu berücksichtigen hat. Einer Bodenschadverdichtung durch Befahren ist also vorzubeugen.

Das Befahren eines landwirtschaftlich genutzten Bodens hat demnach unter Bedingungen zu erfolgen, unter denen seine Funktionen nicht nachhaltig beeinträchtigt werden. Die Befahrbarkeit ist eine Eigenschaft des Systems Boden/Fahrwerk und wird bestimmt durch physikalische Parameter des Bodens (in Krume und Unterboden), durch biologische (Pflanzenbestand u. a.) und ökologische Parameter (Leitfähigkeiten der Bodenstruktur u. a.) sowie durch technische Parameter (u. a. Radlast, Schlupf und Kontaktfläche des Fahrwerks).

Für den Betrieb auf Straßen gelten die in der StVZO und der StVO enthaltenen Festlegungen.

weight of the empty vehicle and the payload, which propagate in three dimensions as stress in the soil. Moreover, additional horizontal forces, which act in different directions, occur in steered and driven chassis. These are the steering forces which act at right angles to the direction of travel as a result of vehicle steering as well as tractive or braking forces acting in or against the direction of travel along with supporting forces on slopes. The horizontal forces mainly cause horizontal shearing stress in the topsoil.

Stress input into the soil puts a burden on the soil structure. This leads to the danger of structural damage due to harmful compaction in the topsoil, the topsoil base, and the subsoil. Whether or not harmful soil compaction really occurs depends on the conditions in the chassis and the soil conditions during the passage of the vehicle.

The reduction or avoidance of the anthropogenic impairment of soil functions belongs to the goals of sustainable agriculture. It is in the interest of the farmer and also required by the legislator after the Federal Soil Protection Act (BBodSchG) went into effect that agriculture fulfills preventive obligations and must take measures to avoid danger, if necessary. Therefore, harmful soil compaction caused by the passage of vehicles must be prevented.

Soil used for agricultural purposes must be driven over under conditions which do not cause any lasting impairment of its functions. Trafficability is a property of the soil/undercarriage system, which is determined by physical parameters of the soil (in the topsoil and the subsoil), biological (plants, etc.) and ecological parameters (conductivity of the soil structure, etc.), as well as technical parameters (wheel load, slip, and contact area of the chassis, etc.).

For road use, the requirements of the German Motor Vehicle Safety Regulations (StVZO) and the Road Traffic Regulations (StVO) apply.