

1. Einführung

Der Einsatz eines Bodenbearbeitungsgerätes oder einer Bodenbearbeitungsmaschine im landwirtschaftlichen Produktionsprozeß wirft grundsätzlich die Frage nach der Wertigkeit dieser Erzeugnisse auf. Die wohl meistbenutzten Kennziffern zur Beurteilung von Bodenbearbeitungsgeräten und -maschinen sind der Bearbeitungswiderstand und der Energiebedarf in den verschiedensten Bezugsformen. Ohne Berücksichtigung des Bearbeitungsergebnisses kann jedoch eine Bewertung nach diesen beiden Kennziffern zu schwerwiegenden Fehlschlüssen führen, da den einzelnen Varianten eines Erzeugnisses oder verschiedenartiger Erzeugnisse im Falle unterschiedlicher Bearbeitungsergebnisse auch ein unterschiedliches energetisches Verhalten zugestanden werden muß.

Wesentlich sicherer ist die Bewertung eines Erzeugnisses nach dem Erfolg, mit dem es die ihm gestellten Aufgaben löst. Das ist der Grund, weshalb bei der Untersuchung von Bodenbearbeitungsgeräten und -maschinen immer häufiger die Bodenzerkleinerung als eine der wichtigsten Aufgaben der Bodenbearbeitung dem Energieaufwand gegenübergestellt und teils sogar eine aus diesen beiden Größen berechnete Kennziffer des Zerkleinerungserfolges angegeben wird.

Am Institut für Landmaschinentechnik der Technischen Universität Dresden ist in den vergangenen Jahren im Rahmen des Forschungsprogrammes „Bodenbearbeitung“ auch das Teilthema „Zerkleinerungserfolg“ bearbeitet worden. Über die wichtigsten Ergebnisse dieser Arbeit wird im nachfolgenden kurz berichtet.

2. Definition des Zerkleinerungserfolges

Der Zerkleinerungserfolg der Bodenbearbeitungsgeräte und -maschinen ist das Verhältnis der erzielten Bodenzerkleinerung zum dafür erforderlichen Energieaufwand. Wird der Grad der Bodenzerkleinerung durch den Zuwachs der äußeren spezifischen Bodenoberfläche im bearbeiteten Boden gekennzeichnet, dann lautet die Definitionsgleichung:

$$\kappa = \frac{O_E - O_A}{A_{Sp}} \quad [\text{m}^2/\text{kpm}] \quad (1)$$

* Aus der Forschungsarbeit am Institut für Landmaschinentechnik der TU Dresden (Direktor: Prof. Dr.-Ing. W. GRUNER)

(Schluß von Seite 375)

arbeitung ermöglichen sollen. Zum Beispiel werden sich durch die Anwendung spezieller Herbizide für die Unkrautbekämpfung neue Möglichkeiten ergeben, den Arbeitsaufwand bei der Bodenbearbeitung wesentlich zu senken.

Zusammenfassung

Durch die Konzentration der Entwicklungskapazität auf die Hauptaufgaben wird es möglich sein, einen großen Teil der im Mechanisierungssystem Bodenbearbeitung gestellten Forderungen durch die Bereitstellung entsprechender Maschinen und Geräte bereits in den Jahren 1966 und 1967 zu erfüllen.

Literatur

- [1] Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim: Mechanisierungssystem Nr. 84 „Bodenbearbeitung“ (unveröffentlicht) Berlin Dez. 1964
- [2] BÜLKE-KUNZE: Das Querschnittsmechanisierungssystem „Bodenbearbeitung“ als Perspektivplan für die weitere Mechanisierung. Deutsche Agrartechnik (1965) H. 3. S. 122 bis 124
- [3] SCHMID, H.: Überlastsicherungen an Anbau- und Aufsatzpflügen. Deutsche Agrartechnik (1964) H. 12, S. 538 bis 540 A 6155

Hierin bedeuten:

- A_{Sp} spezifischer Energieaufwand für den Bearbeitungsprozeß [kpm/dm³]
- O_A äußere spezifische Bodenoberfläche vor dem Bearbeitungsprozeß [m²/dm³]
- O_E äußere spezifische Bodenoberfläche nach dem Bearbeitungsprozeß [m²/dm³]

Die zur Berechnung der äußeren spezifischen Bodenoberfläche erforderliche Größe und Häufigkeit der in der Bearbeitungszone vorhandenen Bodenaggregate wird durch eine Siebanalyse (Bild 1) bestimmt. Alle bisherigen Analysenergebnisse bestätigen, daß der Siebrückstand eines mechanisch zerkleinerten Bodens einer Exponentialfunktion genügt, die auf verschiedenen Wegen einerseits von ROSIN und RAMMLER sowie andererseits von SPERRLING als Gesetzmäßigkeit der Hartzerkleinerung gefunden wurde [1]. Diese Exponentialfunktion lautet:

$$R = 100 e^{-(d/d')^n} \quad [\%] \quad (2)$$

Es bedeuten darin:

- d Lochdurchmesser der Rundlochsiebe [mm]
- d' Aggregatgrößenkennziffer [mm]
- n Gleichmäßigkeitskoeffizient [—]

Unter der Annahme, daß die Dichte ρ und der Formfaktor ϕ aller Siebgutaggregate gleich groß sind, haben KIESSKALT und MATZ [2] für das Siebrückstandsintervall 0,1% < R < 99,9% die folgende Beziehung für die äußere spezifische Oberfläche aufgestellt:

$$O = 6,39 \frac{\phi}{d'} e^{1,795/n^2} \quad [\text{m}^2/\text{dm}^3] \quad (3)$$

Da für Bodenaggregate noch keine Formfaktoren existieren, wird zunächst mit einer idealisierten Kugelgestalt der Bodenaggregate, d. h. mit $\phi=1$ gerechnet. Diese Maßnahme ist unter Berücksichtigung der Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Zerkleinerungstechnik [3] durchaus zulässig. Sie wirkt sich lediglich auf die absoluten Oberflächenwerte, nicht aber auf die relativen Beziehungen aus.

Die Aggregatgrößenkennziffer d' und den Gleichmäßigkeitskoeffizienten n ermittelt man am vorteilhaftesten auf graphischem Wege. In einem Koordinatensystem mit doppelt-logarithmischer Ordinaten- und einfach-logarithmischer Abszissentheilung wird die Siebrückstandsfunktion (Gl. 2) zu einer Geraden (Bild 2), die im Schnittpunkt mit der Siebrückstandslinie $R=36,79\%$ den Wert der Aggregatgrößenkennziffer d' angibt. Die Parallele zur Siebrückstandsfunktion durch den Pol $P(n)$ zeigt auf dem Randmaßstab den Wert des Gleichmäßigkeitskoeffizienten n an.

Der spezifische Energieaufwand ergibt sich aus der vom Traktor abgegebenen Translations- und Rotationsenergie und aus dem durchgearbeiteten Bodenvolumen.

$$A_{Sp} = \frac{A_T + A_R}{V} \quad [\text{kpm}/\text{dm}^3] \quad (4)$$

Liegt die Zugkraft in Bewegungsrichtung vor, dann ist der Translationsanteil des spezifischen Energieaufwandes:

$$A_{TSp} = \frac{0,1 P}{t B} \quad [\text{kpm}/\text{dm}^3] \quad (5)$$

Aus dem Zapfwendendrehmoment berechnet sich der Rotationsanteil des spezifischen Energieaufwandes wie folgt:

$$A_{RSp} = \frac{\pi n_z M}{300 v_F t B} \quad [\text{kpm}/\text{dm}^3] \quad (6)$$

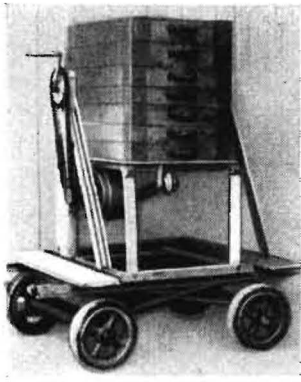


Bild 1 (links). Siebeinrichtung mit 6 geometrisch gestuften Rundlochsieben zur Bodenfraktionierung

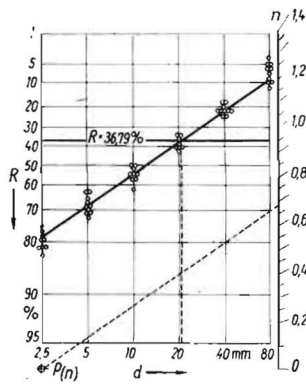


Bild 2 (rechts). Siebrückstandsfunktion eines gefrästen schluffigen Lehmes mit eingezeichnetem Ermittlungsverfahren für die Aggregatgrößenkennziffer d' und den Gleichmäßigkeitskoeffizienten n

Faßt man die Gln. (5) und (6) zusammen, dann lautet die Beziehung für den spezifischen Energieaufwand:

$$A_{Sp} = \frac{30 v_F P + \pi n_z M}{300 v_F l B} \quad [\text{kpm}/\text{dm}^3] \quad (4.1)$$

In den Gln. (4) bis (6) bedeuten:

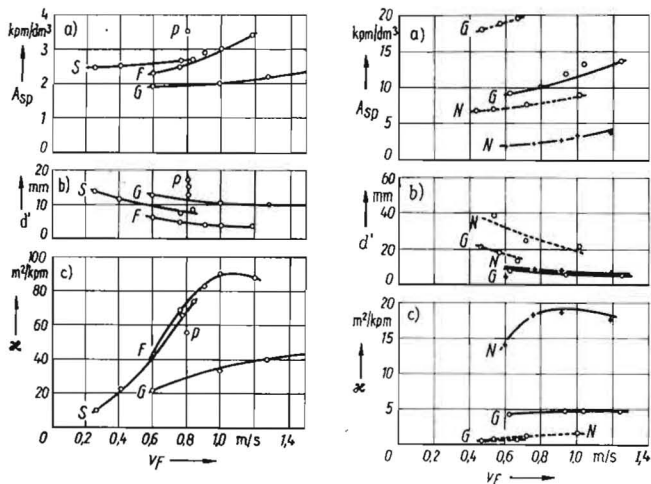
- A_T vom Traktor abgegebene Translationsenergie [kpm]
- A_R vom Traktor abgegebene Rotationsenergie [kpm]
- V durchgearbeitetes Bodenvolumen [dm^3]
- P Zugkraft in Bewegungsrichtung [kp]
- M Zapfwellendrehmoment [kpm]
- n_z Zapfwellendrehzahl [min^{-1}]
- v_F Fahrgeschwindigkeit [m/s]
- l Arbeitstiefe [dm]
- B Arbeitsbreite [dm]

3. Versuchsdurchführung

Die Versuche zur Ermittlung des Zerkleinerungserfolges verschiedener Bodenbearbeitungsgeräte und -maschinen wurden auf einem schluffigen Lehm und auf einem lehmigen

Bild 3 (links). Spezifische Arbeit, Aggregatgrößenkennziffer, Gleichmäßigkeitskoeffizienten und Zerkleinerungserfolg eines Pfluges und verschiedener Nachbearbeitungsgeräte und -maschinen. F Fräse, G Grubber, P Pflug, S Scheibenegge; zu b) $n_G, n_P, n_S = 0,55, n_F = 0,57$

Bild 4 (rechts). Gegenüberstellung der spezifischen Arbeiten, Aggregatgrößenkennziffern, Gleichmäßigkeitskoeffizienten und Zerkleinerungserfolge einer Bodenfräse, die als Grund- und Nachbearbeitungsmaschine eingesetzt wurde. G Grundbearbeitung, N Nachbearbeitung, --- lehmiger Ton, — schluffiger Lehm; zu b) --- $n_G, n_N = 0,69, n_G = 0,66, n_N = 0,59$



Ton durchgeführt. Neben den Größen zur Berechnung des Zerkleinerungserfolges wurden zur Charakterisierung der Bearbeitungsbedingungen in den Meßstrecken die Feuchte, Dichte und Schlaghärte des Boden bestimmt. An Bodenbearbeitungsgeräten und -maschinen standen zur Verfügung:

ein dreifurchiger Anhängerpflug „Mars“

ein Aufsattelgrubber „BSK 13“

eine Aufsattelscheibenegge „DSS 24“ und

eine Versuchs-Anbaubodenfräse mit verschiedenen messer- und hakenförmigen Fräsworkzeugen

Der Grubber und die Scheibenegge wurden nur zur Nachbearbeitung der Pflugfurche, die Bodenfräse sowohl zur Grundbearbeitung der Stoppel als auch zur Nachbearbeitung der Pflugfurche eingesetzt.

4. Versuchsergebnisse

Damit das Wesen und der Beurteilungswert des Zerkleinerungserfolges deutlicher in Erscheinung treten, werden außer den Zerkleinerungserfolgen auch die zugehörigen spezifischen Arbeiten, Aggregatgrößenkennziffern und Gleichmäßigkeitskoeffizienten angeführt.

Bild 3 zeigt die Ergebnisse, die bei einer einmaligen Nachbearbeitung einer Pflugfurche mit verschiedenen Nachbearbeitungsgeräten und -maschinen in Abhängigkeit von der Arbeitsgeschwindigkeit gewonnen wurden. Als Versuchspartelle diente ein geräumter Sommerweizenschlag (schluffiger Lehm), der eine Bodenfeuchte von 13 bis 16 %, eine durchschnittliche Bodendichte von 1,67 g/cm^3 und eine Schlaghärte von 55 bis 60 kp/cm^2 aufwies. Die Tiefe der Pflugfurche betrug 22 cm, diejenige der Nachbearbeitung 14 bis 18 cm. Die Versuchsfräse war mit Säbelmessern bestückt und arbeitete mit einer Fräsbissenlänge von 10,4 cm.

Von der spezifischen Arbeit her gesehen schneidet der Grubber am besten ab (Bild 3a). Er benötigt nur 60 bis 80 % des spezifischen Energiebedarfes der als annähernd gleichwertig zu beurteilenden Scheibenegge und Versuchsfräse. Wird dagegen die Bodenzerkleinerung in Betracht gezogen (Bild 3b), dann erhält man eine Einstufungsreihenfolge, die mit der ersteren nicht im Einklang steht. Der Grubber erzielt mit seinen passiv arbeitenden Werkzeugen die geringste Bodenzerkleinerung. Er verwertet die von ihm aufgenommene Energie in der Hauptsache zur Überwindung des Rollwiderstandes und zur Bodenverschiebung durch die Grubberwerkzeuge. Einen wirksameren Bodenaufschluß weist die Scheibenegge auf, die auf Grund der Scheibenschneid-, brech- und -wurfarbeit eine intensivere Zerkleinerung der in der Bearbeitungszone vorhandenen Bodenaggregate erreicht. Beide Zerkleinerungsergebnisse werden von demjenigen der Versuchsfräse erheblich übertroffen. Wird für die Bestellung eine Bodenstruktur mit einer Aggregatgrößenkennziffer von 5 bis 6 mm gefordert, dann ist von allen untersuchten Einrichtungen die Versuchsfräse die einzige, die den Acker mit Sicherheit durch einen einzigen Nachbearbeitungsgang in einen bestellungswürdigen Strukturzustand versetzt. Stellt man nun die Bodenzerkleinerung in Form des Zuwachses an äußerer spezifischer Bodenoberfläche dem spezifischen Energieaufwand gegenüber (Bild 3c), dann findet man, daß Scheibenegge und Versuchsfräse mit nahezu gleichen, aber doppelt so großem Zerkleinerungserfolg wie der Grubber gearbeitet haben. Es sei hierzu bemerkt, daß in diesen Ergebnissen die den Zerkleinerungserfolg drückenden Traktorfahrwiderstände und die den Zerkleinerungserfolg hebende Fräsenschubkraft keine Berücksichtigung gefunden haben. Sehr interessant ist auch die Tatsache, daß der Zerkleinerungserfolg in allen untersuchten Fällen mit zunehmender Arbeitsgeschwindigkeit bis zum Erreichen eines Maximums sehr stark ansteigt.

Folglich ist es von Vorteil, trotz des erhöhten Energieaufwandes mit höheren Fahrgeschwindigkeiten zu arbeiten, vorausgesetzt, daß die geforderten Aggregatgrößenkennziffern nicht unterschritten werden und keine schädigenden Störungen in den biologischen und chemischen Prozessen der Ackerkrume eintreten.

Die in den Diagrammen a bis c (Bild 3) eingetragenen Arbeitspunkte P des Pfluges lassen auf Grund der unterschiedlichen Arbeitsbedingungen keinen absoluten Vergleich mit den Ergebnissen der Nachbearbeitung zu. Sie zeigen aber an, daß die Energieverwertung durch den Pflug trotz des erhöhten Bodenwiderstandes fast ebenso gut war wie diejenige durch die Scheibenege und die Versuchsfräse.

Einen Vergleich zwischen der Grund- und Nachbearbeitungswirkung der Versuchsfräse zeigt Bild 4. Die Ergebnisse auf schluffigem Lehm wurden mit Säbelmessern, diejenigen auf lehmigem Ton mit Spitzhaken gewonnen. Der spezifische Arbeitsbedarf (Bild 4a) weist die zu erwartende Charakteristik auf: Je leichter und lockerer ein Boden ist, desto geringer ist der Arbeitswiderstand der Fräswerkzeuge. Mit zunehmender Bodenschwere nimmt der Zerkleinerungsgrad der durchgearbeiteten Ackerkrume ab (Bild 4b). Auffallend ist, daß der gepflügte Boden beim Fräsen gröber krümelt als der ungepflügte. Diese auch schon von ERMICH [4] festgestellte Erscheinung hat ihre Ursachen in den Strukturunterschieden beider Bodenzustände, auf die jedoch hier nicht näher eingegangen werden kann. Was den Erfolg der

Bodenzerkleinerung anbetrifft (Bild 4c), so wird deutlich sichtbar, daß dieser mit zunehmender Bodenschwere auf Grund des steigenden spezifischen Energiebedarfes und des abnehmenden Zerkleinerungsgrades rapide zurückgeht. Im besonderen ist festzustellen, daß auch die Überlegenheit der fräsenden Nachbearbeitung gegenüber der fräsenden Grundbearbeitung mit zunehmender Bodenschwere verloren geht.

5. Zusammenfassung

Die Bewertung von Bodenbearbeitungsgeräten und -maschinen nach ihrem Bearbeitungswiderstand oder Energiebedarf kann ohne Berücksichtigung des Bearbeitungsergebnisses zu Fehlschlüssen führen. Der Zerkleinerungserfolg, d. h. das Verhältnis zwischen der erzeugten äußeren spezifischen Bodenoberfläche und dem dazu erforderlichen spezifischen Energieaufwand gestattet zwar noch keine umfassende, wohl aber eine wesentlich realere Bewertung derartiger Erzeugnisse. Es werden ein Verfahren zur Ermittlung des Zerkleinerungserfolges und die Urteilskraft dieses Wertmaßstabes an Hand einiger Beispiele erläutert.

6. Literatur

- [1] RAMMLEB, E.: Zur Ausnutzung von Körnungsanalysen in Körnungsnetzen. Die Bergakademie, Freiburger Forschungshefte (1952) H. 11, S. 12
- [2] KIESSKALT, F./G. MATZ: Zur Ermittlung der spezifischen Oberfläche von Kornverteilungen. Z. VDI (1954) Nr. 3, S. 58
- [3] RAMMLEB, E.: Zur Ermittlung der spezifischen Oberfläche des Mahlgutes. Z. VDI, Beih. Verfahrenstechnik (1940) Nr. 5, S. 150
- [4] ERMICH, D.: Acker- und pflanzenbauliche Untersuchungen über die Einsatzmöglichkeiten zapfwellengetriebener Werkzeuge zur Verbesserung der Bodenbearbeitung im Gegensatz zu horizontal schneidenden Werkzeugen unter besonderer Berücksichtigung der betriebswirtschaftlichen Fragen. Abschlußbericht zur Forschungsarbeit 100 127 h6 -03, Jena 1959 A 5995

Gefahrlose Technik bei der Entwicklung neuer Landmaschinen und Traktoren beachten!

Staatl. gepr. Landw.
Ing. W. LIEBEZEIT

Entsprechend den Grundsätzen unseres sozialistischen Arbeitsschutzes muß zwischen Planung und Produktion sowie zwischen Gesundheits- und Arbeitsschutz eine untrennbare Einheit bestehen. Unsere Konstrukteure müssen also schon am Reißbrett konkrete Vorstellungen darüber haben, wie die sicherheitstechnische Gestaltung der neuen Maschinen und Geräte erfolgen muß, um alle Unfallquellen auszuschalten. Sie müssen wissen, daß die Sicherheitstechnik eine zweiseitige Problematik in sich birgt, die einmal in der Funktionstüchtigkeit und zum anderen in der Gestaltung — gemäß den Erfahrungen aus früheren Unfällen — liegt. Unfallgefahren lassen sich nur dann optimal ausschalten, wenn die Unfallschwerpunkte bzw. die unfallbegünstigenden Elemente genau bekannt sind.

Die Erprobungsstellen der Industrie müssen deshalb bei der Grundlagenforschung die Fragen der Sicherheitstechnik mit in ihre Aufgabenstellung einbeziehen. Sie müssen also eine ständige Überprüfung der Entwicklungsmuster oder Prototypen und der Serienproduktion auf Einhaltung und Wirksamkeit der Sicherheitstechnik durchführen. Dazu gehört natürlich auch der gesamte Komplex Arbeitserleichterung (leichtere und handliche Betätigung der Bedienungselemente, leichtere und bessere Wartungs- und Pflegemöglichkeiten).

Am Schlegelernter E 069 traten in der Vergangenheit verschiedenartig Arbeitsunfälle auf, indem der Traktorist durch Steinschlag verletzt wurde. Ursache war, daß an der linken Seite der Jalousie vor der Schlegeltrommel Steine herausgeschleudert wurden und direkt in die Fahrerkabine des Traktors hineinschossen. VEB Kombinat Fortschritt Neustadt hat diesen Mangel inzwischen beseitigt, das Beispiel zeigt aber, daß die Beurteilung der Maschinen vom arbeitsschutzmäßigen Standpunkt her bereits bei der Erprobung unbedingt erfolgen muß, um nachträgliche Änderungen und daraus resultierende kostenaufwendige Umrüstungen der bereits in die Praxis gelieferten Maschinen zu vermeiden. Damit wird nicht nur viel Arbeit, Zeit und Geld gespart, sondern es wird auch den gesetzlichen Festlegungen in der ASAO 3 entsprochen.

Sehr erfolgreiche Arbeit in dieser Hinsicht leistete das Institut für Landtechnik Potsdam-Bornim bei den Landmaschinenprüfungen. Hier wurde die arbeitsschutztechnische Gestaltung und die Wirksamkeit der sicherheitstechnischen Vorrichtungen in die Prüfung einbezogen (s. Beitrag RÜSEL/SCHLESINGER in H. 9/1964, S. 404), wobei unter Anziehung der RGW-Richtlinien Hinweise auf mangelhafte oder fehlende Sicherheitstechnik erfolgten.

Es ist eine wesentliche Forderung der sozialistischen Gesellschaft, für alle Werktätigen absolut sichere Arbeitsbedingungen zu schaffen. Da nun die Schaffung kompletter Maschinensysteme für die Hauptproduktionszweige der Feld- und Viehwirtschaft die Konstruktion verschiedener neuer Maschinen und Anlagen erfordert, muß es oberste Richtschnur unserer Konstrukteure sein, hochproduktive und gefahrlose Maschinen und Geräte sowie Anlagen in die Fertigung zu geben. Bei diesem Bestreben hilft ihnen die bei der Hauptsicherheitsinspektion des Landwirtschaftsrates bestehende Schutzgütekommision, die entsprechend der ASAO 3, § 3, gebildet wurde und sich aus Vertretern des FDGB, Abt. Arbeitsschutz, der VVB Landmaschinen- und Traktorenbau, des IIT, der Herstellerbetriebe und aus Praktikern der Landwirtschaft zusammensetzt. Der verantwortungsbewußte Konstrukteur wird sich dieser Anleitung und Unterstützung gern bedienen, um seinen Konstruktionen die denkbar größte Arbeitssicherheit zu geben.

Abschließend noch ein Hinweis zum Einsatz von Importmaschinen. Sie sind in unserer Landwirtschaft in großen Stückzahlen in Benutzung und es kommt immer wieder zu unliebsamen Auseinandersetzungen in der Frage, wer diese Maschinen entsprechend den gesetzlichen Bestimmungen umzurüsten bzw. die Kosten hierfür zu tragen hat. Für die RGW-Länder könnte hier Abhilfe geschaffen werden, indem die RGW-Empfehlung als verbindliche Richtlinie festgelegt wird. Bei Maschinen aus anderen Ländern wäre notwendig, sie zu erproben und dabei die Schutzgüte festzustellen. Anschließend müßte dann eine zentrale Umrüstung entsprechend unseren Arbeitsschutzbestimmungen erfolgen.