
Laserscanner (LSC)

Musterbetriebsanleitung für die Kapitel: Stationäre und mobile Absicherung mit LSC

Inhaltsverzeichnis

1. Stationäre Absicherung mit LSC	1
1. 1. Wichtige Definitionen für die Planung	2
1. 2. Umfang des Schutzfeldes	8
1. 3. Montage	15
1. 4. Wiederanlaufsperrung	24
2. Mobile Absicherung mit LSC	25
2. 1. Wichtige Definitionen für die Planung	26
2. 2. Geschwindigkeit	28
2. 3. Höhe der Anbringung	29
2. 4. Zwei Montagemöglichkeiten	30
2. 5. Ermittlung des Schutzfeldumfangs	32
Glossar	42
Index	45

Die Informationen in diesem Handbuch wurden sorgfältig überprüft und stammen aus verlässlichen Quellen. Aufgrund der Möglichkeit menschlicher oder mechanischer Irrtümer übernimmt e-publishing keine Haftung oder Verantwortung für Fehler, Auslassungen oder Ungenauigkeiten in diesem Handbuch oder für Resultate, die aus diesen Fehlern, Auslassungen oder Ungenauigkeiten entstehen.

Die Grafiken, die in diesem Produkt enthalten sind, unterliegen dem Urheberrecht des Ateliers Pulido, Basteistr. 24, 53173 Bonn. Die Nutzung der Grafiken bedarf der ausdrücklichen schriftlichen Zustimmung des Urhebers, Herrn Justo Pulido. Die unautorisierte Nutzung dieser Grafiken verletzt die Urheberrechte des Inhabers.

1. Stationäre Absicherung mit LSC

Der Einsatz von LSC verfolgt zwei Ziele:

- maximaler Schutz der Mitarbeiter
- Unterbrechung des Maschinenbetriebs nur in Notfällen

Folgen Sie den Anweisungen in den folgenden Kapiteln, um LSC optimal einzusetzen.

In diesem Kapitel erfahren Sie

- die Definitionen für wichtige Faktoren zur Schutzfeldbestimmung, siehe Seite 2
- wie Sie den Umfang des *Schutzfeldes* bestimmen, siehe Seite 8
- wie Sie LSC montieren, siehe Seite 15, und zuletzt
- wie und ob Sie die *Wiederanlaufsperr*e nutzen sollen, siehe Seite 24



Erklärung der verwendeten Symbole

Kursiv gesetzte Begriffe verweisen auf eine Erläuterung im Glossar.



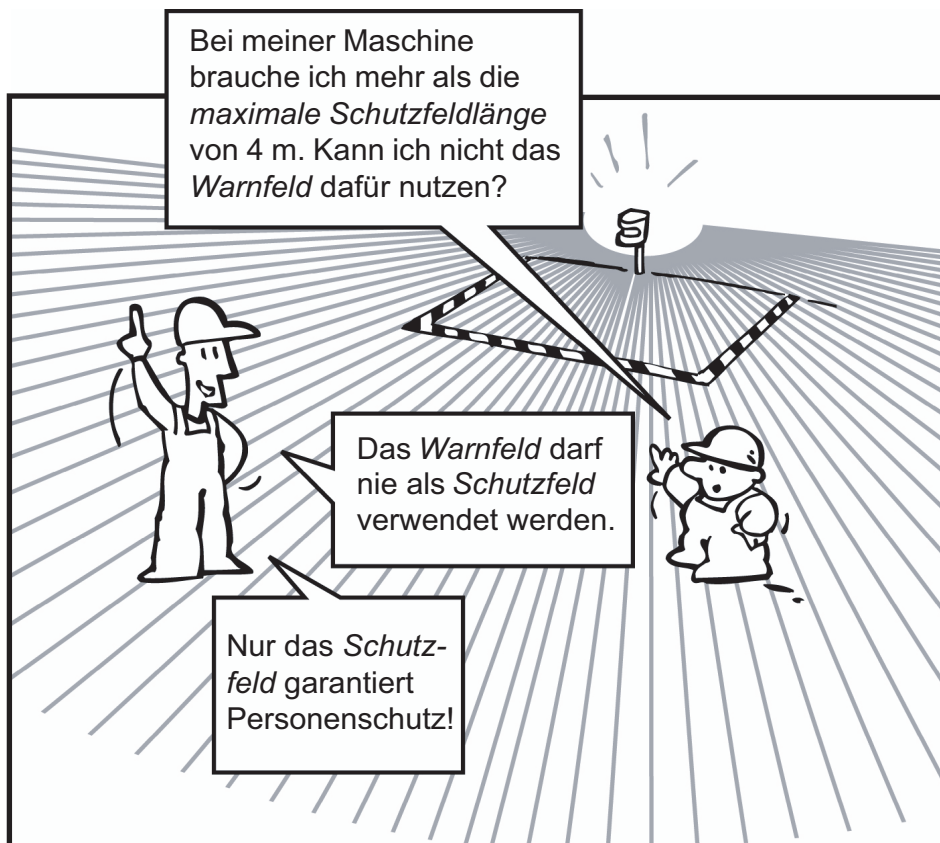
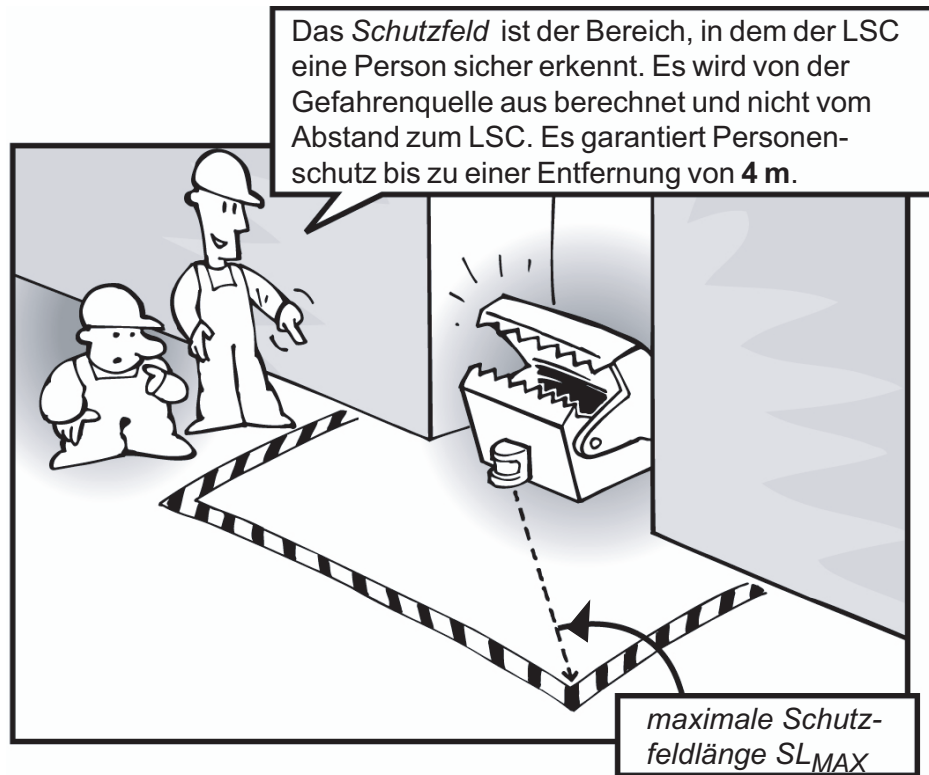
= Anweisungen und Erläuterungen zu den Anweisungen



= Informationen zur Absicherung und zu zusätzlichen Schutzmaßnahmen

1. 1. Wichtige Definitionen für die Planung

Schutzfeld

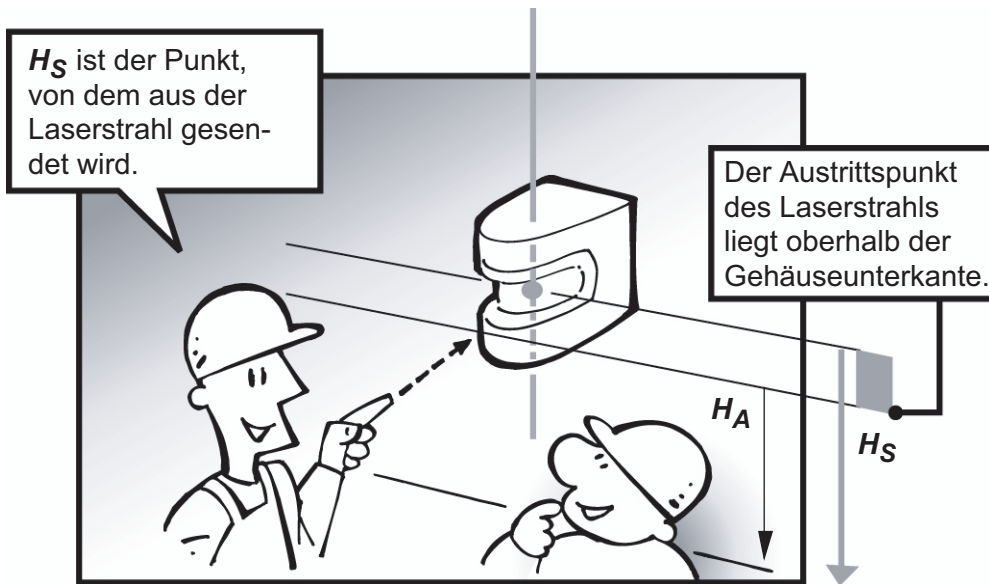


Höhe der Detektion (H_D)



Dabei gilt: Je länger oder größer Ihr *Schutzfeld* ist, desto höher muss H_D , die *Höhe der Detektion*, angesetzt werden.

Höhe der Scannermontage (H_S)

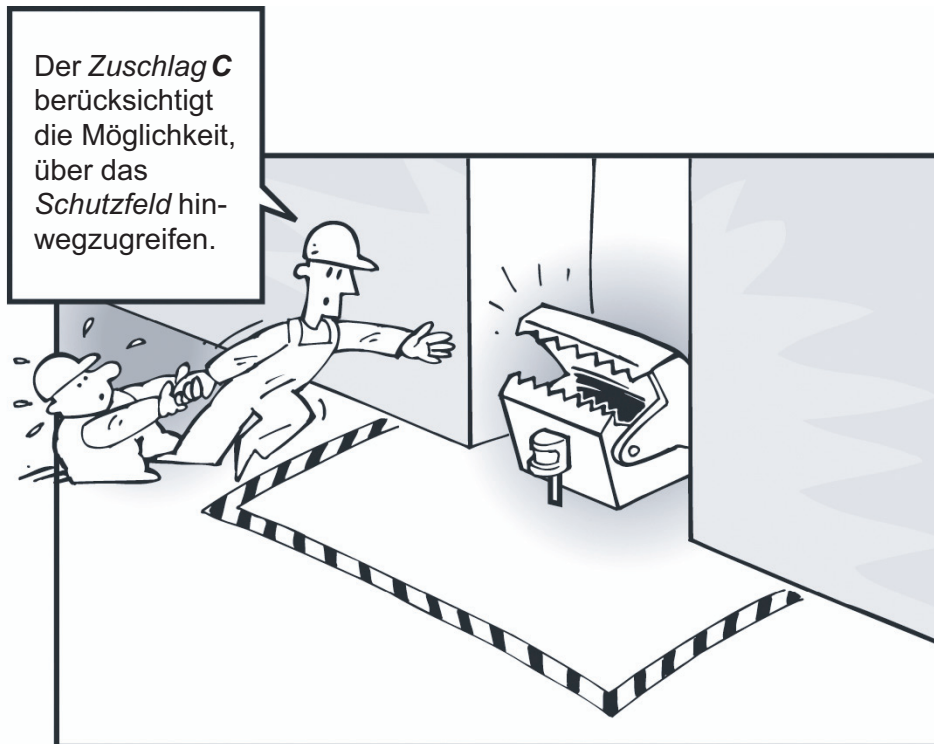


H_S wird berechnet vom Boden bis zur Höhe des Laserstrahl-Austrittspunktes. Der Laserstrahl liegt **6,3 cm** über der Unterkante des Gehäuses.

H_A ist die Höhe gemessen vom Boden bis zur Unterkante des LSC-Gehäuses, die so genannte *Anbauhöhe*.

$$H_A = H_S - 6,3 \text{ cm}$$

Zuschlag C



Der Zuschlag **C** ist abhängig von der *Höhe der Detektion (H_D)*, also von der Höhe des Punktes, an dem der Laserstrahl eine Person detektiert. Ist der LSC so niedrig montiert, dass eine eindringende Person vom Laserstrahl auf Fußhöhe erfasst wird, muss der Zuschlag **C = 120 cm** betragen.

Wird der LSC höher montiert und der Laserstrahl erfasst den Körper auf Beinhöhe (87,5 cm), so rechnen Sie für den Zuschlag **C = 85 cm**.

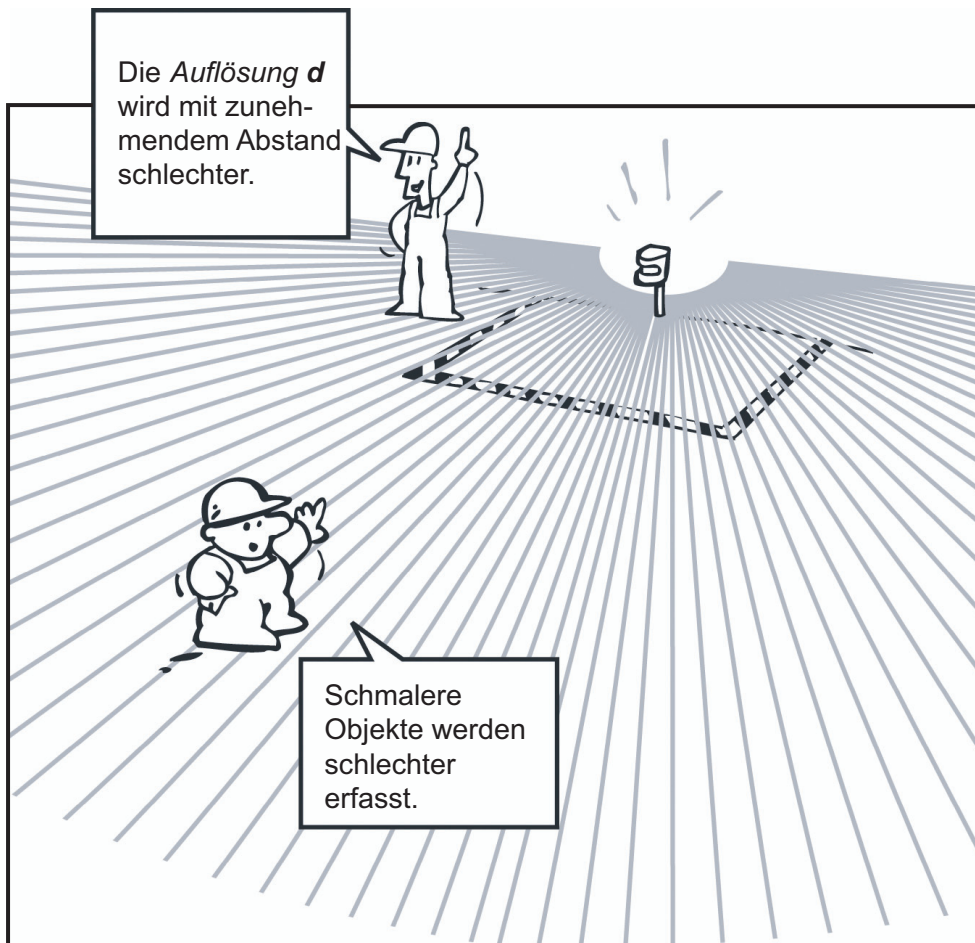
Allgemein gilt die Formel

$$C = (120 - 0,4 \times H_D) \text{ cm}$$

wobei gilt:

$$H_D \text{ muss } \geq 85 \text{ cm sein.}$$

Die Auflösung d im Verhältnis zur Entfernung



d muss immer am Punkt der größten Messentfernung, d. h. in der maximalen Schutzfeldlänge SL_{MAX} bestimmt werden.

1. Bei einem Schutzfeld $\leq 2,90$ m ist eine Auflösung $d = 5$ cm gegeben.
2. Bei einem Schutzfeld einer Länge von 2,90 m bis maximal 4 m ist die Auflösung $d = 7$ cm.



Eine schlechtere Auflösung d wird durch eine größere Höhe der Detektion ausgeglichen.

Bei einer Schutzfeldlänge von mehr als 2,90 m muss die Höhe der Detektion (H_D) auf jeden Fall > 30 cm sein.

Mehrfachauswertung (MFA)



Bei der *Mehrfachauswertung (MFA)* bestimmen Sie, in wie vielen aufeinander folgenden Scans der Sensor einen Körper im *Schutzfeld* wahrnehmen muss, bevor er z. B. die Schutzfeldverletzung meldet und die Maschine unter Umständen stoppt. Damit bestimmt die *Mehrfachauswertung* die *Ansprechzeit T_{ANS}* des Sensors.

Die Ansprechzeit für **einen Scan** beträgt **0,04 Sekunden**. Aus systembedingten Gründen ist der Minimalwert der *Mehrfachauswertung* **zwei Scans, also 0,08 Sekunden**.

Höchstwert für die *Mehrfachauswertung* ist der Wert 16 (0,64 Sekunden). Allgemein gilt:

$$T_{ANS} = MFA \times 0,04 \text{ s}$$



Wählen Sie aus Sicherheitsgründen immer die niedrigst mögliche Einstellung. Wenn Sie den Wert erhöhen, reagiert das System stabiler, aber auch langsamer. Deshalb muss dann der *Mindestsicherheitsabstand S* vergrößert werden.

1. 2. Umfang des Schutzfeldes



Der Umfang eines *Schutzfeldes* errechnet sich aus dem *Mindestsicherheitsabstand S*, wie er in *DIN EN 999* beschrieben ist, und verschiedenen Zuschlägen, die sich aus den Konfigurationsmethoden und möglichen *Umgebungsfaktoren* ergeben.

Verschiedene Konfigurationsmethoden

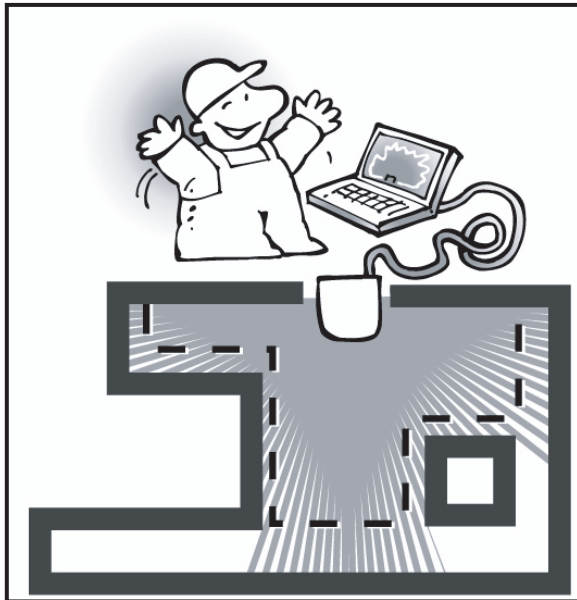


Abb. 1: *Einlernmodus*

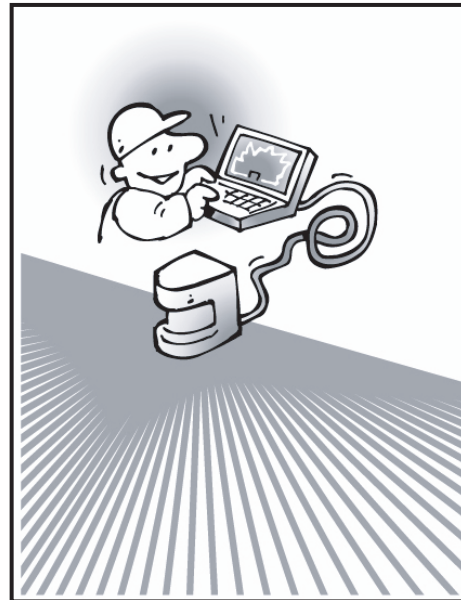


Abb. 2: *Grafisch-numerischer Eingabemodus*



Das *Schutzfeld* können Sie mithilfe von zwei verschiedenen Konfigurationsmethoden in der mitgelieferten Software bestimmen:

1. *Einlernmodus*
2. *Grafisch-numerischer Eingabemodus*

- Beim *Einlernmodus* lernt der LSC eine Umgebung vor vorhandenen Hindernissen ein. Gehen Sie nach dem Einlernen die Kontur des gewünschten *Schutzfeldes* mit aktivem Sensor ab. Der LSC speichert daraufhin die gelernte Kontur. Bitte stellen Sie sicher, dass in dem eingelernten *Schutzfeld* alle erforderlichen Zuschläge enthalten sind. Hinweise dazu finden Sie weiter unten auf Seite 10 ff.

- Beim grafisch-numerischen Eingabemodus können Sie in der Software den Schutzbereich entweder mit der Maus einzeichnen oder die notwendigen Koordinaten eingeben. Das weitere Vorgehen finden Sie im Kapitel „9.4 Felder bearbeiten und dimensionieren“ (nicht in diesem Musterkapitel enthalten) beschrieben.



Überprüfen Sie bei beiden Konfigurationsmethoden anschließend, ob das *Schutzfeld* korrekt ist.

Berechnung des Schutzfeldes anhand der Formel

Der *Mindestsicherheitsabstand S* eines *Schutzfeldes* wird nach *DIN EN 999* mit folgender Formel berechnet:

$$S = (K \times T) + C$$



Zur Korrektur der *Umgebungsfaktoren* bzw. zur Korrektur von generellen systembedingten Messfehlern müssen weitere Zuschläge addiert werden. Die erweiterte Formel zur Berechnung des *Schutzfeldes* lautet dann:

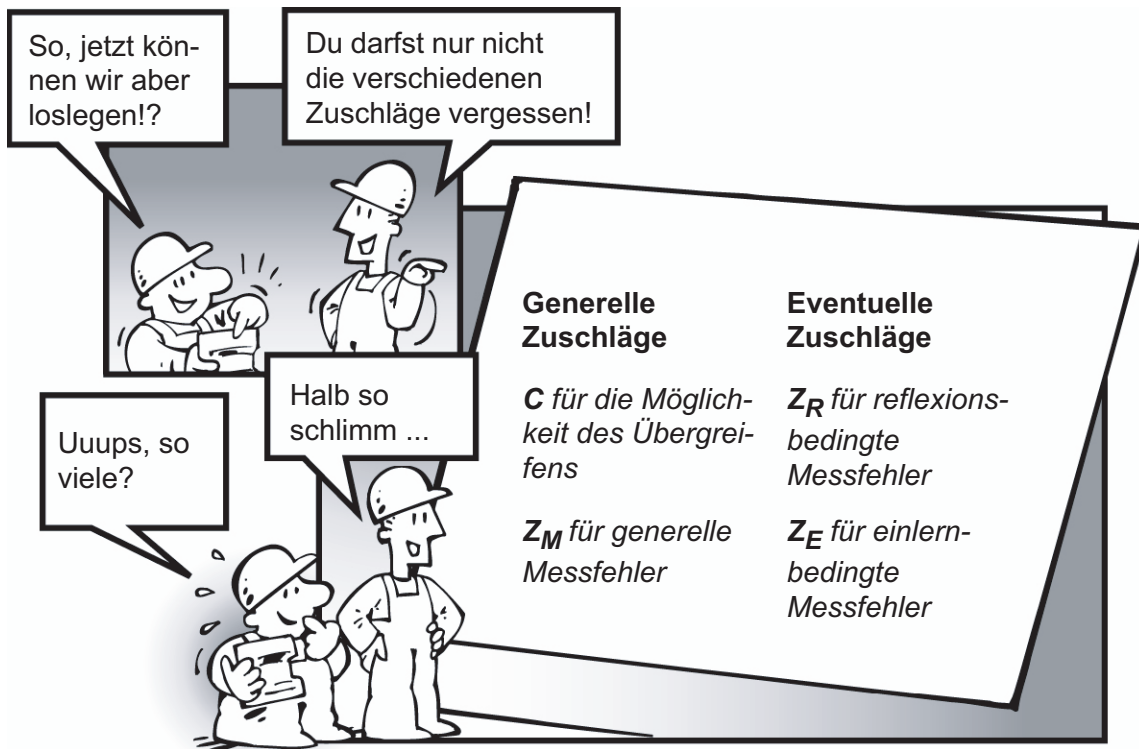
$$S = (K \times T) + C + Z_M + Z_R + Z_E$$

Die Zuschläge Z_R und Z_E müssen Sie nur in bestimmten Fällen einrechnen (siehe Seite 13 und 14).

- K steht für die *Annäherungsgeschwindigkeit* des Körpers. Nach *DIN EN 999* müssen dafür **160 cm pro Sekunde** eingesetzt werden.
- T steht für die *Nachlaufzeit* des Systems in Sekunden und ist die Summe aus
 - der *Ansprechzeit des Sensors* (T_{ANS}) und
 - der *Stopzeit der gefährdenden Bewegung* (T_{BR}).

Die *Ansprechzeit des Sensors* (T_{ANS}) hängt von der *Mehrfachauswertung* des Scanners ab. Die *Stopzeit* (T_{BR}) ist maschinenspezifisch. Entnehmen Sie diesen Wert den technischen Daten der Maschine.

Generelle und eventuelle Zuschläge



Zuschlag C für die Möglichkeit des Übergreifens

Berücksichtigen Sie bei der Planung, dass *Zuschlag C*, *Höhe der Detektion H_D* und *Auflösung d* im Zusammenhang stehen.

- Der *Zuschlag C* ist abhängig von H_D

$$C = (120 - 0,4 \times H_D) \text{ cm}$$

- H_D errechnet sich nach folgender Formel:

$$H_D = 15 \times (d - 5) \text{ cm}$$

Beispiel 1:

Ein *Schutzfeld* hat eine *maximale Schutzfeldlänge* von **290 cm**.

Damit gilt: $d = 5 \text{ cm}$

$$H_D = 15 \times (5 - 5) \text{ cm}$$

$$H_D = 0 \text{ cm}$$

Der *Zuschlag C* beträgt (bei $H_D = 0$) **120 cm**.

Beispiel 2:

Ein *Schutzfeld* hat eine *maximale Schutzfeldlänge* von **350 cm**.

Damit gilt: $d = 7 \text{ cm}$

$$H_D = 15 \times (7 - 5) \text{ cm}$$

$$H_D = 30 \text{ cm}$$

Der *Zuschlag C* beträgt (bei $H_D = 30 \text{ cm}$) **108 cm**.

Übliche Einbaulagen

Folgende Einbaulagen sind üblich für LSC:

	Scannereinstellung	Vorteil	Nachteil
Fall 1	Scanner niedrig ($H_S < 30 \text{ cm}$) Neigung der <i>Scanebene</i> niedrig (H_D ungefähr = H_S)	keine Fremdeinflüsse durch Blendung; kein Unterkriechen möglich	großer <i>Zuschlag C</i> ($C = 120 \text{ cm}$)
Fall 2	Scanner hoch ($H_S > 30 \text{ cm}$) Neigung der <i>Scanebene</i> niedrig (H_D ungefähr = H_S)	geringer <i>Zuschlag C</i> ($C = 108 \text{ cm}$)	Gefahr des frontalen und seitlichen Unterkriechens
Fall 3	Scanner niedrig ($H_D > H_S$)	geringer <i>Zuschlag C</i> ($C = 108 \text{ cm}$)	Gefahr des frontalen Unterkriechens; eventueller Fremdeinfluss durch Blendung (z. B. Sonnenlichteinfall)
<p>Um zu vermeiden, dass Kinder die <i>Scanebene</i> unterkriechen, sollte die Montagehöhe nicht über 20 cm liegen. Setzen Sie die <i>Anbauhöhen</i> nicht unter 10 cm an: Durch die erhöhte Staubkonzentration direkt am Boden kann sich der Scanner (und damit auch die Maschine) ungewollt abschalten.</p>			

Zuschlag Z_M für den generellen Messfehler

Der Scanner erkennt ein Objekt in seiner Position. Diese erkannte Position kann systembedingt etwas vor oder hinter der tatsächlichen Position liegen! Dieser Umstand wird durch den *Zuschlag Z_M (genereller Messfehler)* berücksichtigt.

- Bei feststehenden Gegenständen in der Nähe der Schutzfeldgrenze kann das zu unnötigen Abschaltungen führen. Deshalb ist der **generelle Messfehler (Z_M)** vom *Schutzfeld* abzuziehen.
- Eine Person kann unbemerkt vom Sensor in das *Schutzfeld* eindringen und sich der Gefahrenquelle nähern. Deshalb wird der Messfehler grundsätzlich als *Zuschlag Z_M* zur Schutzfeldlänge addiert.



Faustregel:

Rechnen Sie zu Ihrem *Schutzfeld* als *Zuschlag Z_M* hinzu:

Schutzfeld ≤ 2 m; *Zuschlag Z_M* = **9,4 cm**

Schutzfeld > 2 m; *Zuschlag Z_M* = **13,1 cm**

Der gleiche Abstand muss zusätzlich zu festen Gegenständen, wie z. B. Wänden, eingehalten werden.

Zuschlag Z_R für reflexionsbedingte Messfehler

Der Sensor bestimmt den Abstand eines Hindernisses aus der Laufzeit eines sehr kurzen Lichtimpulses. Damit die Messgenauigkeit für alle Hindernisse – von tiefschwarzem Stoff mit 1,8 % Reflektivität bis zu Präzisionstripel-Reflektoren mit 10 000 % Reflektivität – optimal ist, bewertet der LSC das Empfangssignal.

Befindet sich ein dunkles Objekt vor einem *Retroreflektor*, so kann unter bestimmten Umständen (siehe Aufzählung unten) der Objektabstand 20 cm zu groß gemessen werden. Eine Person könnte somit maximal 20 cm in den zu überwachenden Bereich eindringen, ohne vom LSC erkannt zu werden.

Bei festen Begrenzungen, wie z. B. Wänden, dürfen sich keine *Retroreflektoren* in der *Scanebene* befinden, da Personen, die sich an der Begrenzung entlang bewegen, innerhalb des *Schutzfeldes* nicht erkannt werden. Dies tritt nur bei **gleichzeitigem** Vorliegen der folgenden Bedingungen auf:

- Zielentfernung ist größer als 2 m
- Ziel ist kleiner als 14 cm
- *Retroreflektor* liegt auf der *Scanebene*
- Reflektor ist innerhalb eines Winkels von $\pm 30^\circ$ senkrecht zur *Scanebene* ausgerichtet
- *Zielreflektivität* liegt im Bereich von 1,8 %
- *Retroreflektor* liegt nicht weiter als 2 m hinter dem Ziel
- Reflektor hat eine hohe Reflektivität

Zuschlag Z_E für einlernbedingten Messfehler

Dieser Zuschlag besteht aus zwei Faktoren:

- **4,5 cm** Zuschlag zum generellen Messfehler (bedingt durch die Unschärfe des Scanners an den Rändern)
- ggf. **13 cm** Zuschlag zum *Mindestsicherheitsabstand S* (bedingt durch den automatischen Abzug von 13 cm beim Einlernen aus Gründen der Verfügbarkeit)

Zur Erinnerung:

Formel	$S = (K \times T) + C + Z_M + Z_R + Z_E$
S	<i>Mindestsicherheitsabstand</i> Festlegung des <i>Schutzfeldes</i> , Seite 2
K	Parameter für die <i>Annäherungsgeschwindigkeit</i> eines Körpers oder Körperteils (160 cm/sec), Seite 9
T	<i>Nachlaufzeit</i> des gesamten Systems (<i>Ansprechzeit des Sensors</i> addiert zur Stoppzeit der Maschine), Seite 9
C	Zuschlag für die Möglichkeit, über das <i>Schutzfeld</i> hinwegzugreifen (abhängig von der <i>Höhe der Detektion H_D</i>), Seite 5
Z_M	<i>Zuschlag für den generellen Messfehler</i> (Wert entweder 9,4 oder 13,1 cm), Seite 12
Z_R	<i>Zuschlag für eventuelle reflexionsbedingte Messfehler</i> (= 20 cm), Seite 13
Z_E	<i>Zuschlag für einlernbedingte Messfehler</i> (= 4,5 + 13 cm), siehe oben

1. 3. Montage



Der *Spiegeldrehpunkt* des LSC bestimmt die vordere Schutzfeldkante. Da die Montagefläche des Scanners und der *Spiegeldrehpunkt* eine bestimmte Entfernung zueinander haben, ergibt sich vor der Montagefläche eine *Totzone*, die der Scanner nicht erfassen kann. Diese *Totzone* wird größer, wenn der LSC z. B. mit den mitgelieferten Befestigungssätzen montiert wird.

LSC-Montage	Totzone
LSC in Direktmontage	10,9 cm
LSC mit Befestigungssatz 1	11,2 cm
LSC mit Befestigungssatz 1 und 2	12,7 cm
LSC mit Befestigungssatz 1, 2 und 3	14,2 cm

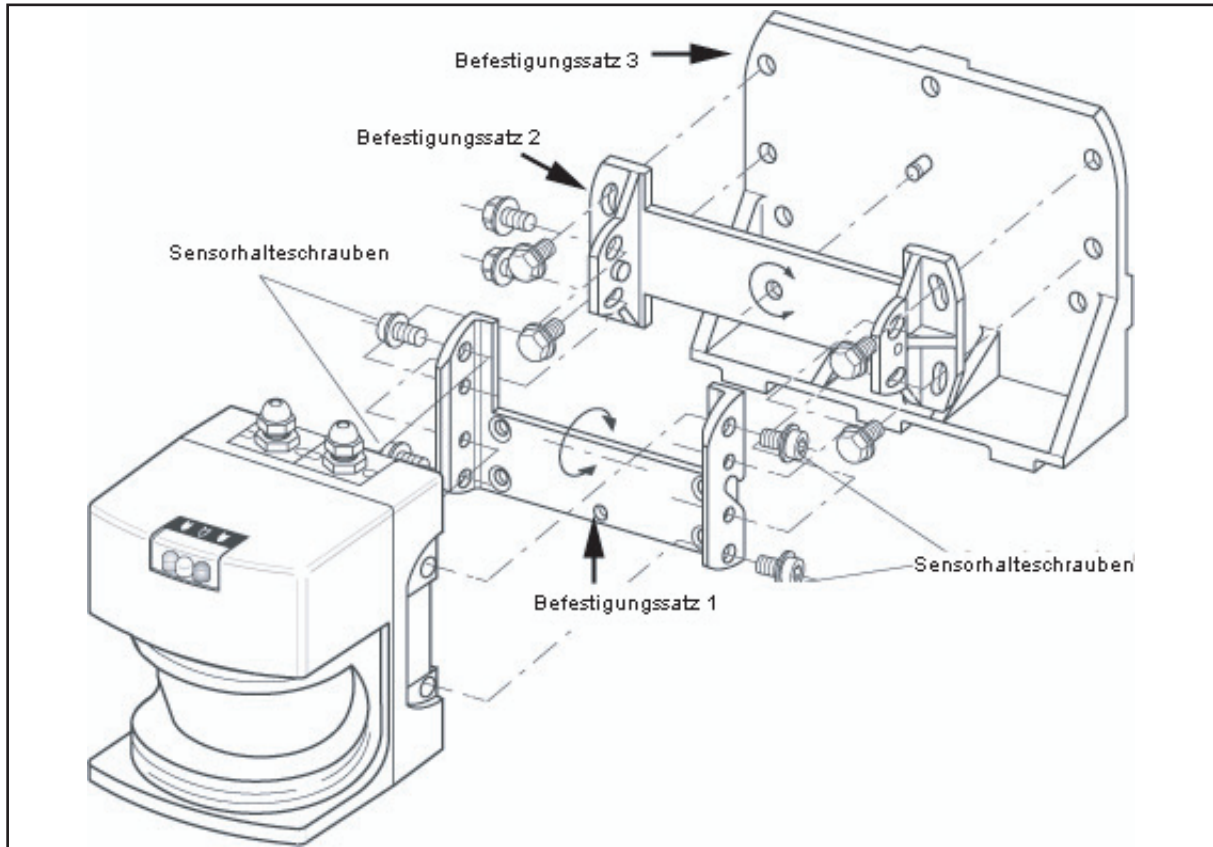


Abb. 3: Die drei mitgelieferten Befestigungssätze vergrößern jeweils die Totzonen



Damit Personen sich nicht unbemerkt in *Totzonen* aufhalten können, ergreifen Sie folgende Maßnahmen oder kombinieren Sie diese miteinander:

- Realisierung eines *Unterschnitts*
- *Einsenkung* des Laserscanners
- Montage des Laserscanners gegenüber oder seitlich von der Maschine

Realisierung eines Unterschnitts (US)

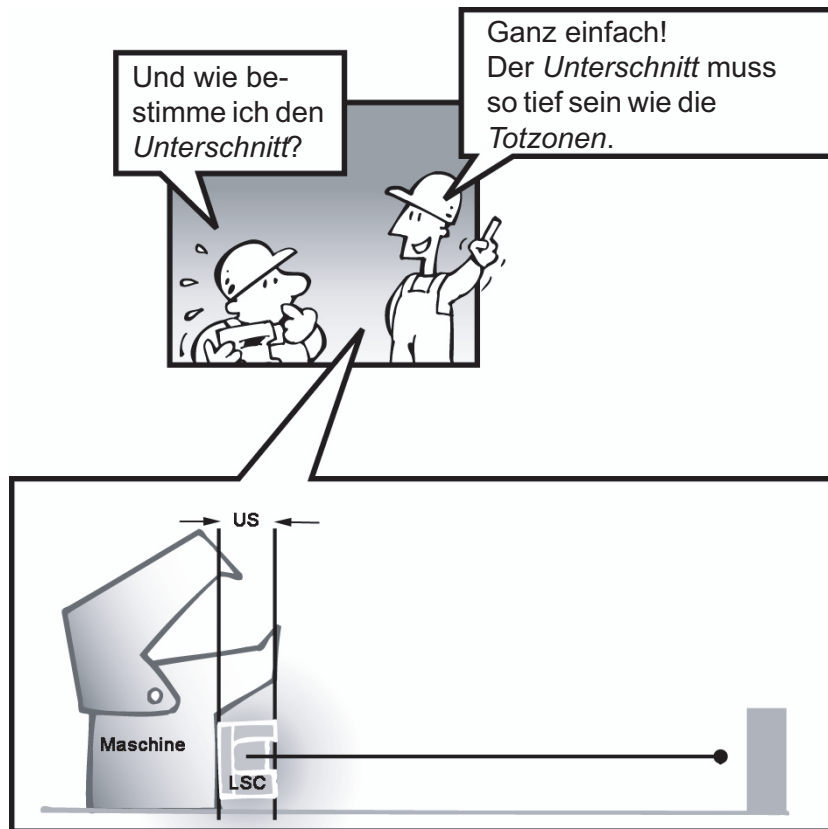


Abb. 4: Unterschnitt US an einer Maschine



Verhindern Sie ein Untertreten des *Unterschnitts*, indem Sie die Höhe des Unterschnitts auf Beinhöhe (87,5 cm) begrenzen.

Um die Montagehöhe in diesem Fall zu bestimmen, lesen Sie die vorherigen Kapitel für die Anbringung des LSC: „Wichtige Definitionen für die Planung“ Seite 2 ff. und „Übliche Einbautagen“ Seite 11.

Einsenkung des Laserscanners

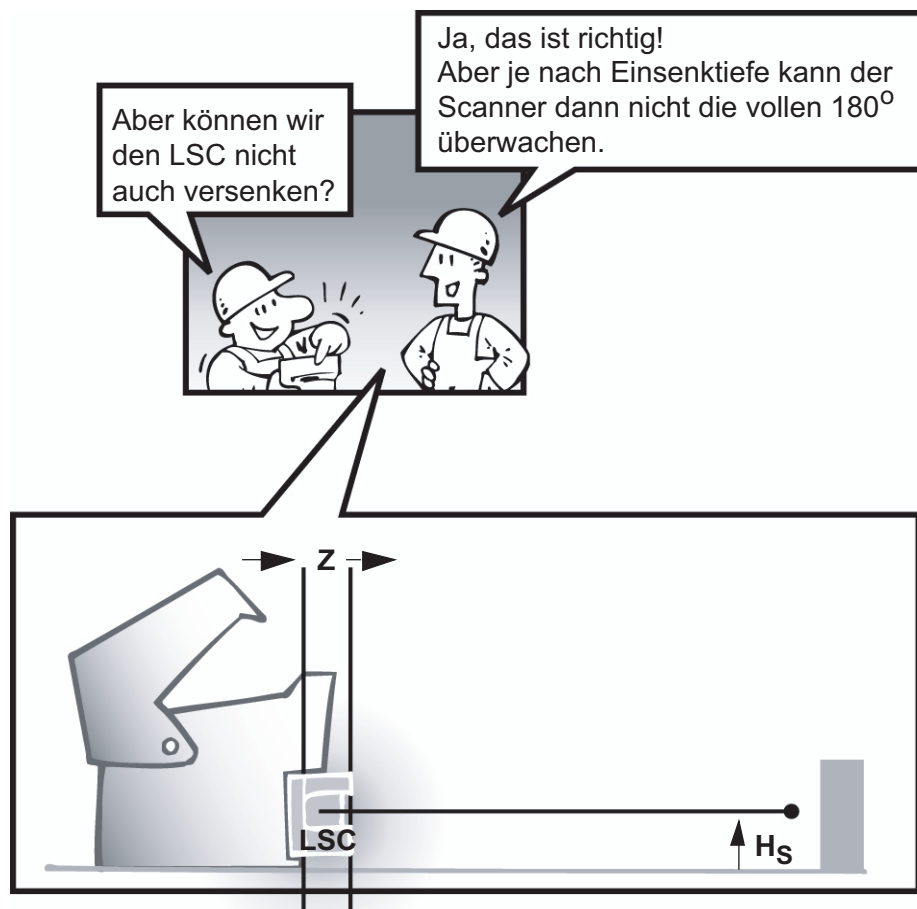


Abb. 5: Überstand Z bei Einsenkung des LSC



Kontrolliert der Laserscanner nicht die vollen 180°, müssen die entstandenen *Totzonen* unbegehrbar gemacht werden. Verhindern Sie, dass Kollegen hinter das *Schutzfeld* treten können, z. B. durch Schutzbleche.

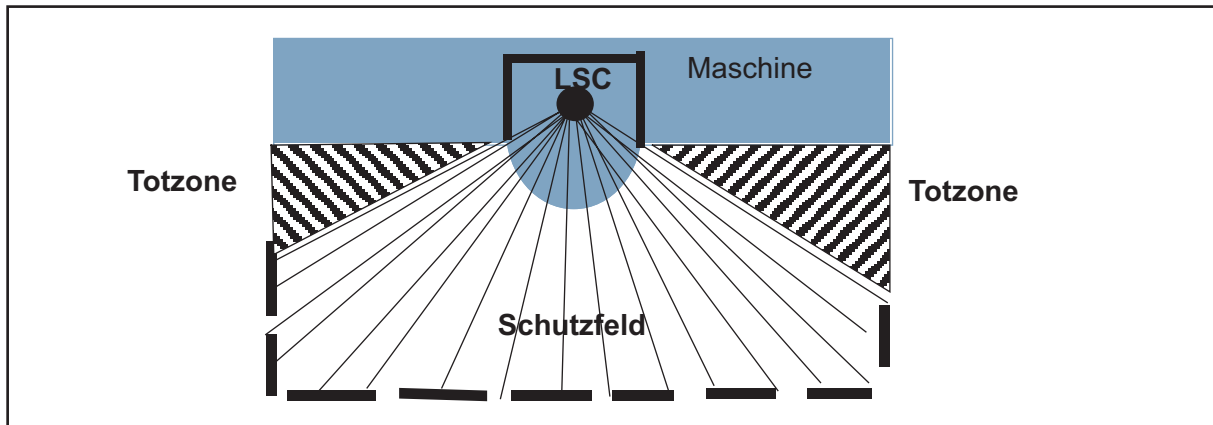


Abb. 6: Bei eingesenkter Montage können Totzonen entstehen



Müssen die vollen 180° überwacht werden, darf der Scanner maximal nur **6,95 cm** in den Maschinenkörper eingelassen werden.

Der *Überstand Z*, d. h. der Abstand zwischen LSC-Stirnseite und Maschinenfront, beträgt dann mindestens **8,65 cm**, siehe Abb.7.

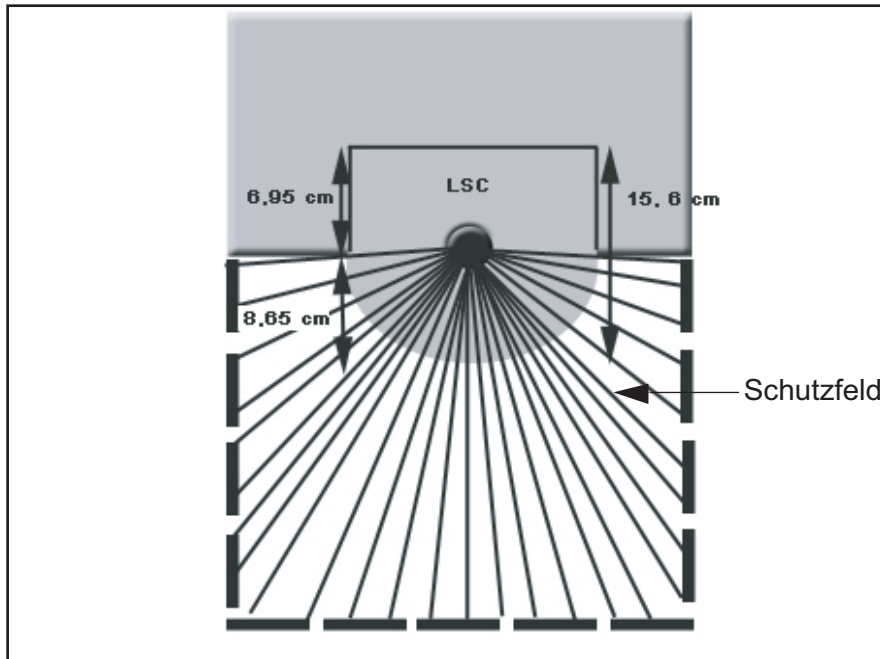


Abb. 7: Zur vollständigen Überwachung der 180° des Schutzfeldes darf der LSC nicht tiefer als 6,95 cm eingesenkt werden.

Wenden Sie folgende Formel an, um abhängig vom *Überstand Z* die minimale Höhe der *Scanebene* am Scanner H_{Smin} an der Maschinenfront zu berechnen:

$$H_{Smin} = 15 \times (Z - 9) \text{ cm}$$

Dabei muss $H_S \leq 100$ cm sein und $Z > 8,65$, aber $< 15,6$ cm sein.



Bevor Sie den LSC montieren, rechnen Sie die Höhe der *Scanebene* H_S in die *Anbauhöhe* H_A um. H_A ist die Höhe gemessen vom Boden bis zur Unterkante des LSC-Gehäuses.

$$H_A = H_S - 6,3 \text{ cm}$$

Faustregel:

Je tiefer Sie den LSC in die Maschine einsetzen, desto niedriger können Sie ihn montieren.

Im Übrigen gelten die Hinweise aus den Kapiteln „Die Auflösung d im Verhältnis zur Entfernung“ auf Seite 6 und „Übliche Einbautagen“ auf Seite 11.

Montage des Laserscanners gegenüber oder seitlich vom Maschinentisch

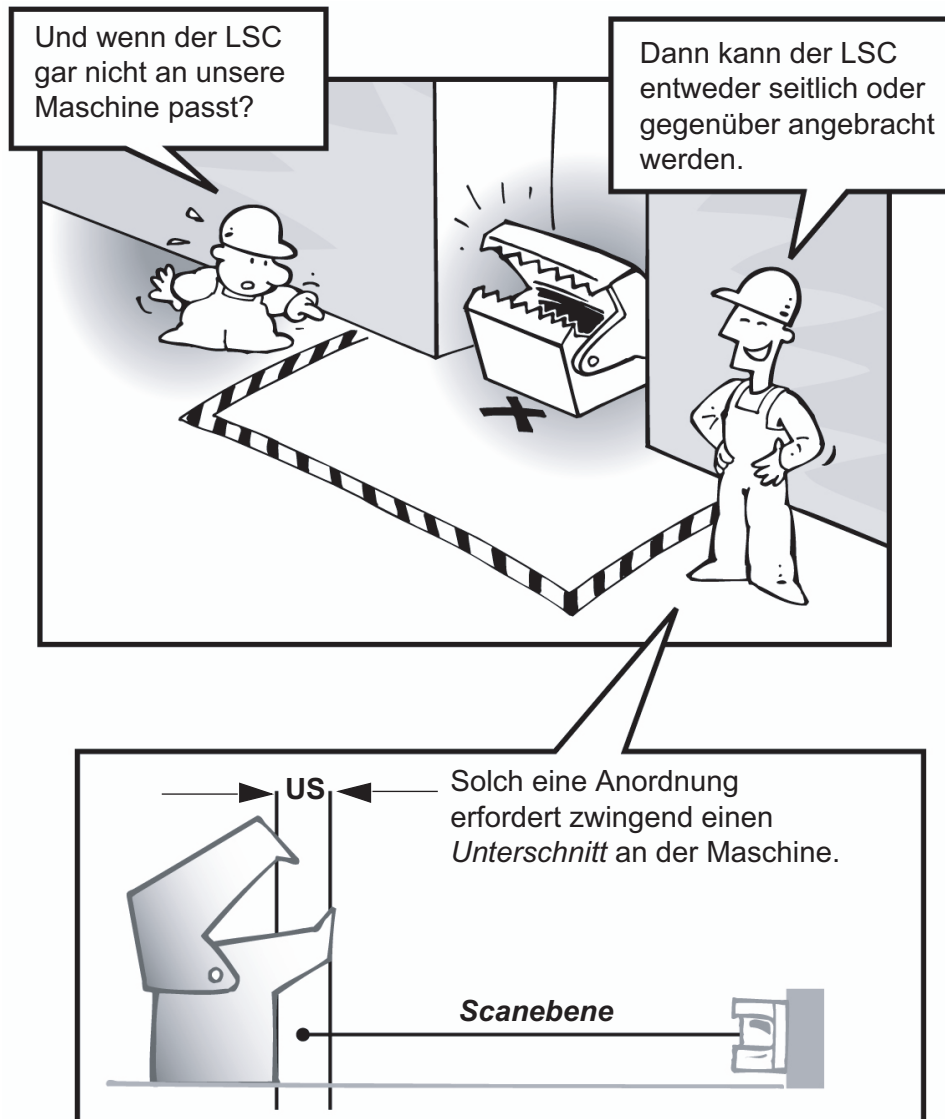


Abb. 8: *Unterschnitt* US bei der Maschine gegenüberliegender Montage des LSC



Aufgrund der Messtoleranz von LSC ist ein *Unterschnitt* notwendig. Sie bestimmen den minimalen *Unterschnitt* nach folgender Formel:

$$US_{min} = (2 \times Z_M) - d$$

Zur Erinnerung:

d Auflösung

Z_M Zuschlag für den generellen Messfehler

Bei einer *maximalen Schutzfeldlänge* von **2 m oder weniger** beträgt er **9,4 cm**.

Bei einer *maximalen Schutzfeldlänge* von **mehr als 2 m** beträgt er **13,1 cm**.



Der Abstand zwischen der Schutzfeldgrenze und der Maschine darf nicht größer als der *generelle Messfehler* sein, sonst ist direkt vor der Maschine kein Schutz gegeben.
Ist die Schutzfeldgrenze weiter von der Maschine entfernt, müssen Sie den *Unterschnitt* am Maschinentisch vergrößern.

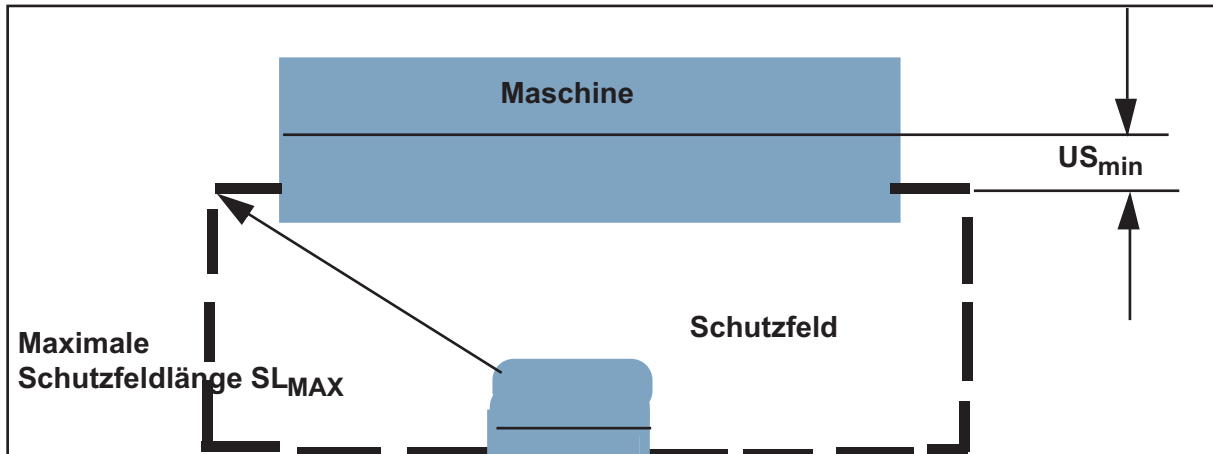
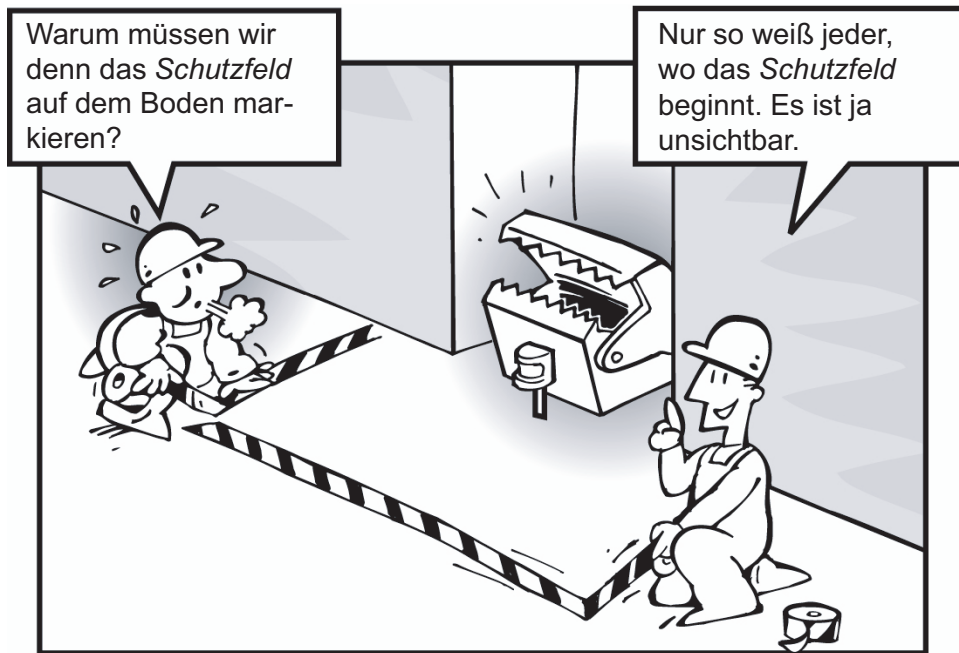


Abb. 9: Der Mindestunterschnitt wird mithilfe des generellen Messfehlers berechnet. Der ist abhängig von der maximalen Schutzfeldlänge.

Markierung des Schutzfeldes



Durch die Markierung werden die Schutzfeldgrenzen für jeden Kollegen sichtbar.

Sollten Sie Parameter des *Schutzfeldes* ändern, können Sie bei einem markierten *Schutzfeld* leichter feststellen, ob es noch ausreichend groß ist und kein unerwünschter Zugang durch



- seitlichen Zugang
- Unterkriechen der *Scanebene*
- Hintertreten der *Scanebene*

möglich ist.

1. 4. Wiederanlaufsperr



Betreiben Sie die Maschine „mit **Wiederanlaufsperr**“, wenn es möglich ist, das *Schutzfeld* zur Gefahrenstelle hin zu verlassen.

Besitzt die Maschine keine *Wiederanlaufsperr*, kann die interne *Wiederanlaufsperr* des LSC genutzt werden.



Ein Maschinenbetrieb „mit *Wiederanlaufsperr*“ läuft erst dann wieder, wenn das *Schutzfeld* frei ist und die Wiederanlaufaste gedrückt wurde.



Achten Sie beim Betätigen der Wiederanlaufaste darauf, dass Sie den Gefahrenbereich vollständig überblicken.
Die Wiederanlaufaste darf nicht erreichbar sein, wenn Sie direkt vor dem Sensor stehen.

Läuft die Maschine „ohne *Wiederanlaufsperr*“, muss der Nahbereich gesichert sein.



Ein optischer Radar kann zwischen einer verschmutzten Frontscheibe und einem Hindernis unmittelbar vor dem Sensor nicht unterscheiden. Zugunsten der Verfügbarkeit ist der LSC so konstruiert, dass tief-schwarze Körper, wie schwarzer Breicord oder Schuhleder, erst in einem Abstand von 4 cm, gemessen ab der Frontscheiben-Außenkontur, sicher erkannt werden.



Machen Sie den Nahbereich (4 cm) des Sensors durch einen Bügel oder *Unterschnitt* unbegebar.
Wenn das nicht möglich ist, bringen Sie einen *Nahtaster* mit **4 cm** Erfassungsbereich über dem Sensor an.

2. Mobile Absicherung mit LSC

Der Einsatz von LSC verfolgt zwei Ziele:

- maximaler Schutz der Mitarbeiter
- Unterbrechung des Maschinenbetriebs nur in Notfällen

Folgen Sie den Anweisungen in den folgenden Kapiteln, um den LSC optimal einzusetzen.


In diesem Kapitel erfahren Sie


- die Definitionen für wichtige Faktoren zur Schutzfeldbestimmung, siehe Seite 26
- wie die Geschwindigkeit bei mobiler Absicherung berücksichtigt wird, siehe Seite 28
- wie Sie die notwendige Anbauhöhe ermitteln, siehe Seite 29
- die verschiedenen Montagemöglichkeiten des Anbaus, siehe Seite 30 und
- wie Sie den Umfang des Schutzfeldes ermitteln und die verschiedenen Zuschläge berechnen, siehe Seite 32



Erklärung der verwendeten Symbole

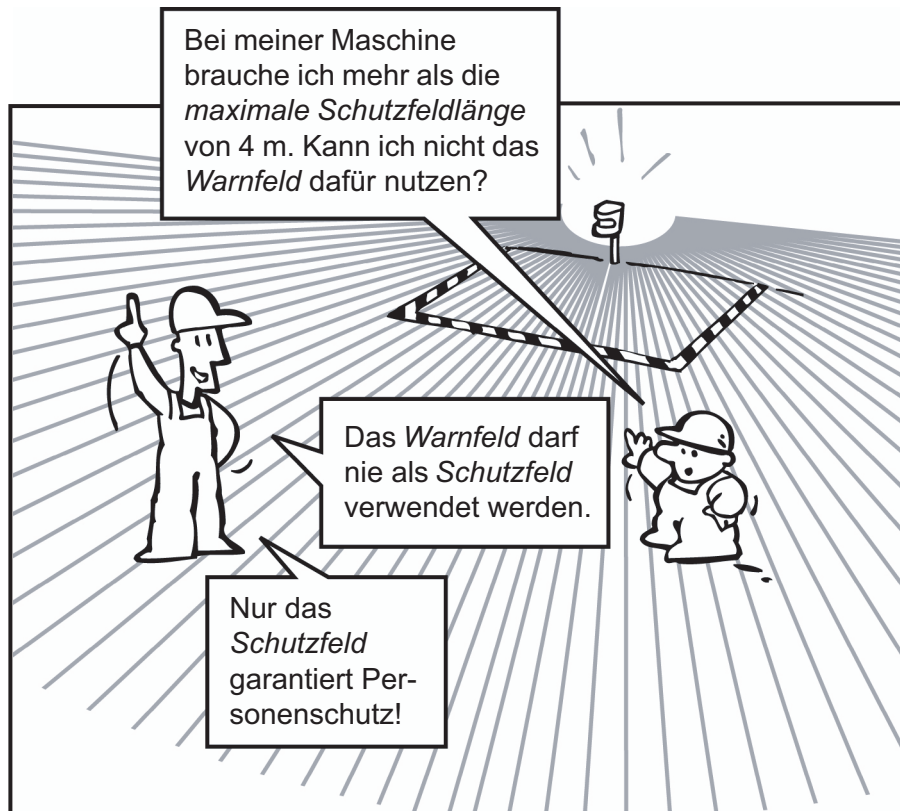
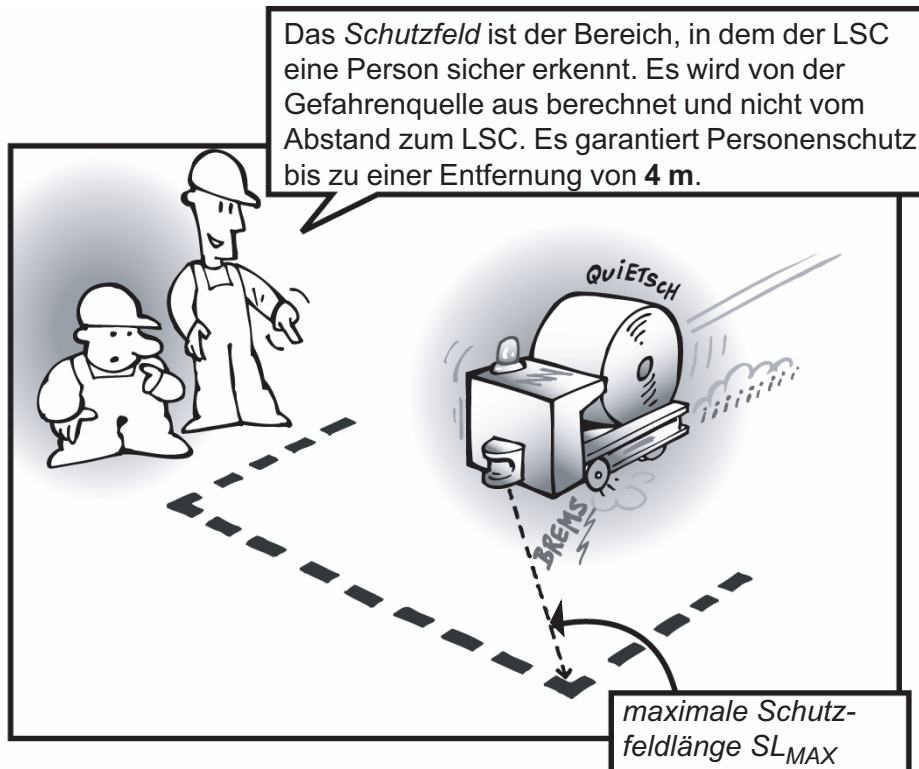
Kursiv gesetzte Begriffe verweisen auf eine Erläuterung im Glossar.

	= Anweisungen und Erläuterungen zu den Anweisungen
---	--

	= Informationen zur Absicherung und zu zusätzlichen Schutzmaßnahmen
---	---

2. 1. Wichtige Definitionen für die Planung

Schutzfeld



Mehrfachauswertung (MFA)



Bei der *Mehrfachauswertung (MFA)* bestimmen Sie, in wie vielen aufeinander folgenden Scans der Sensor einen Körper im Schutzfeld wahrnehmen muss, bevor er z. B. die Schutzfeldverletzung meldet und die Maschine unter Umständen stoppt. Damit bestimmt die *Mehrfachauswertung* die *Ansprechzeit T_{ANS}* des Sensors.

Die Ansprechzeit für **einen Scan** beträgt **0,04 Sekunden**. Aus systembedingten Gründen ist der Minimalwert der *Mehrfachauswertung* **zwei Scans, also 0,08 Sekunden**.

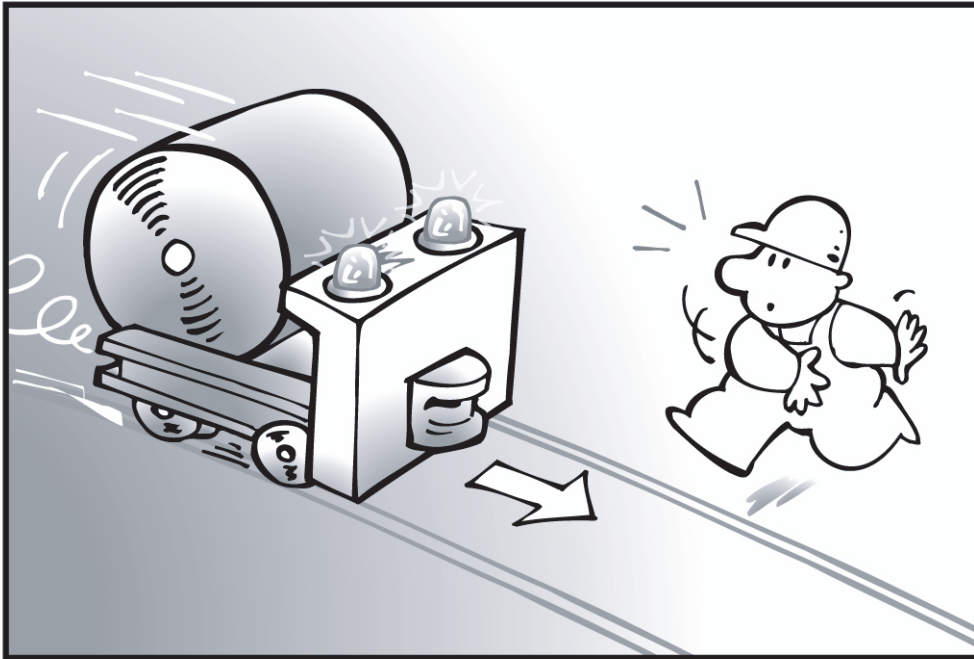
Höchstwert für die *Mehrfachauswertung* ist der Wert 16 (0,64 Sekunden). Allgemein gilt:

$$T_{ANS} = MFA \times 0,04 \text{ s}$$



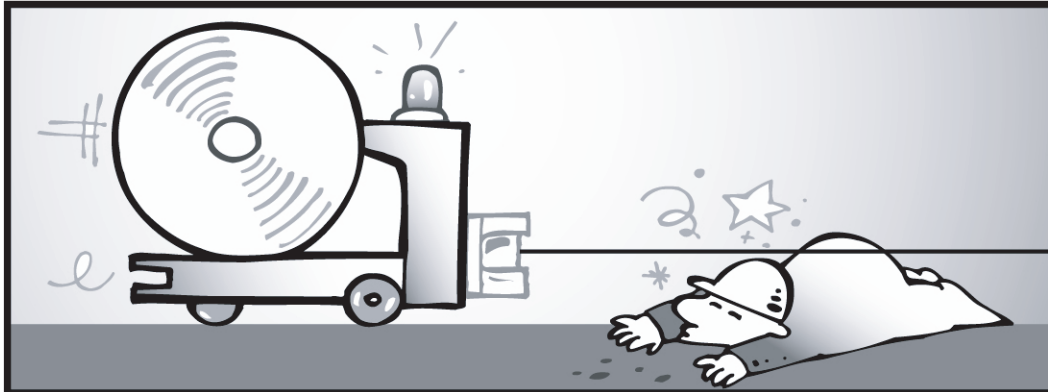
Wählen Sie aus Gründen der Sicherheit immer die niedrigst mögliche Einstellung. Wenn Sie den Wert erhöhen, reagiert das System stabiler, aber auch langsamer. Deshalb muss dann der *Mindestsicherheitsabstand S* vergrößert werden.

2. 2. Geschwindigkeit



Bei den nachfolgenden Erklärungen wird nur die Fahrzeuggeschwindigkeit berücksichtigt.
Nicht berücksichtigt wird die Geschwindigkeit einer Person, die auf ein Fahrzeug zugeht.
Wir setzen voraus, dass eine Person, die auf ein Fahrzeug zugeht, die Gefahr erkennt und stehen bleibt.

2. 3. Höhe der Anbringung



Wegen der Mobilität des Scanners ist eine erhöhte Anbringung bei einer Schutzfeldlänge **über 2,90 m** nicht notwendig.
Wir empfehlen eine Einstellung auf **15 cm Höhe**. Damit wird auch ein Körper mit maximal **20 cm** Höhe **sicher** erkannt, z. B. eine auf dem Boden liegende Person.
Die *Anbauhöhe* des Scanners sollte nicht unterhalb von **10 cm** liegen, da die erhöhte Staubkonzentration am Boden zu ungewollten Abschaltungen der Maschine und des Scanners führen könnte.

2. 4. Zwei Montagemöglichkeiten

Vorgebauter LSC



Bei vorstehendem Anbau müssen die seitlichen *Totzonen* des Scanners mit zusätzlichem Schutz ausgestattet sein, z. B. durch Verkleidungen oder *Schaltleisten*.

Ist das nicht möglich, darf das Fahrzeug nicht schneller als in **3 Sekunden** auf eine Geschwindigkeit von **0,3 m/s** beschleunigt werden. Diese Geschwindigkeit ist noch ungefährlich.

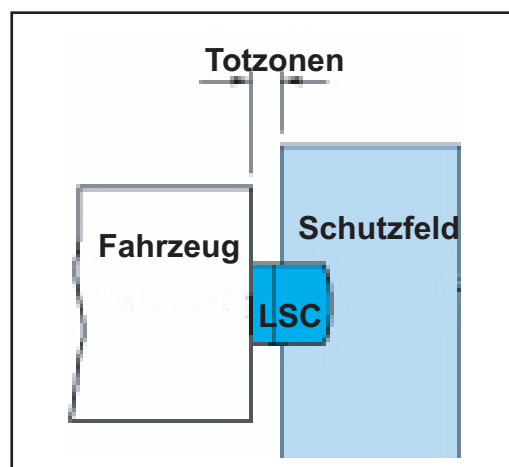


Abb. 1: Bei einem vorstehenden Anbau müssen die Totzonen durch Verkleidung oder Schaltleisten abgesichert werden

Einbau in die Fahrzeugverkleidung



Steht der LSC nicht mehr als **10,9 cm** über die vordere Fahrzeugbegrenzung, so darf das Fahrzeug innerhalb **1 Sekunde** auf **0,3 m/s** beschleunigt werden.

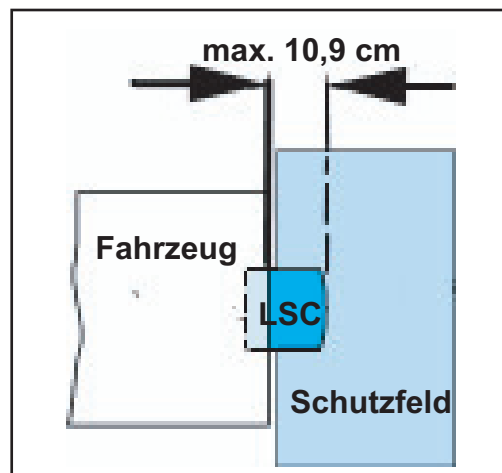


Abb. 2: Bis zu einem Überstand von 10,9 cm darf das Fahrzeug innerhalb 1 Sekunde auf 0,3 m/s beschleunigen.



Das Fahrzeug darf beliebig beschleunigt werden, wenn der Nahbereich des Sensors (4 cm gemessen ab der Frontscheiben-Außenkontur)

- durch einen Bügel oder *Unterschnitt* gesichert und damit nicht begehbar ist oder
- ein *Nahtaster* oder eine *Schaltleiste* den Nahbereich überwacht

2. 5. Ermittlung des Schutzfeldumfangs



Der Umfang eines *Schutzfeldes* errechnet sich aus dem *Mindestsicherheitsabstand S*, wie er in *DIN EN 999* beschrieben ist und verschiedenen Zuschlägen, die sich aus den Konfigurationsmethoden und möglichen *Umgebungsfaktoren* ergeben.

Verschiedene Konfigurationsmethoden

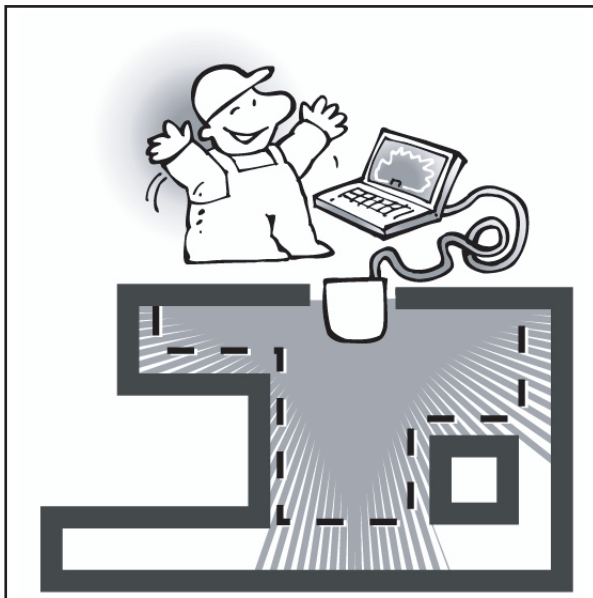


Abb. 3: *Einlernmodus*

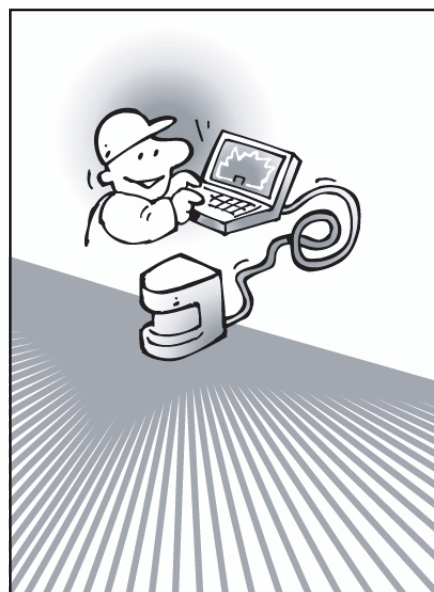


Abb. 4: *Grafisch-numerischer Eingabemodus*



Das *Schutzfeld* können Sie mithilfe von zwei verschiedenen Konfigurationsmethoden in der mitgelieferten Software bestimmen:

- 1. *Einlernmodus***
- 2. *Grafisch-numerischer Eingabemodus***

- Beim *Einlernmodus* lernt der LSC eine Umgebung vor vorhandenen Hindernissen ein. Gehen Sie nach dem Einlernen die Kontur des gewünschten *Schutzfeldes* mit aktivem Sensor ab. Der LSC speichert daraufhin die gelernte Kontur. Bitte stellen Sie sicher, dass in dem eingelernten *Schutzfeld* alle erforderlichen Zuschläge enthalten sind. Hinweise dazu finden Sie weiter unten auf Seite 33 ff.

- Beim grafisch-numerischen Eingabemodus können Sie in der Software den Schutzbereich entweder mit der Maus einzeichnen oder die notwendigen Koordinaten eingeben. Das weitere Vorgehen finden Sie im Kapitel „9.4 Felder bearbeiten und dimensionieren“ (nicht in diesem Musterkapitel enthalten) beschrieben.



Überprüfen Sie bei beiden Konfigurationsmethoden anschließend, ob das *Schutzfeld* korrekt ist.

Berechnung des Schutzfeldes anhand der Formel

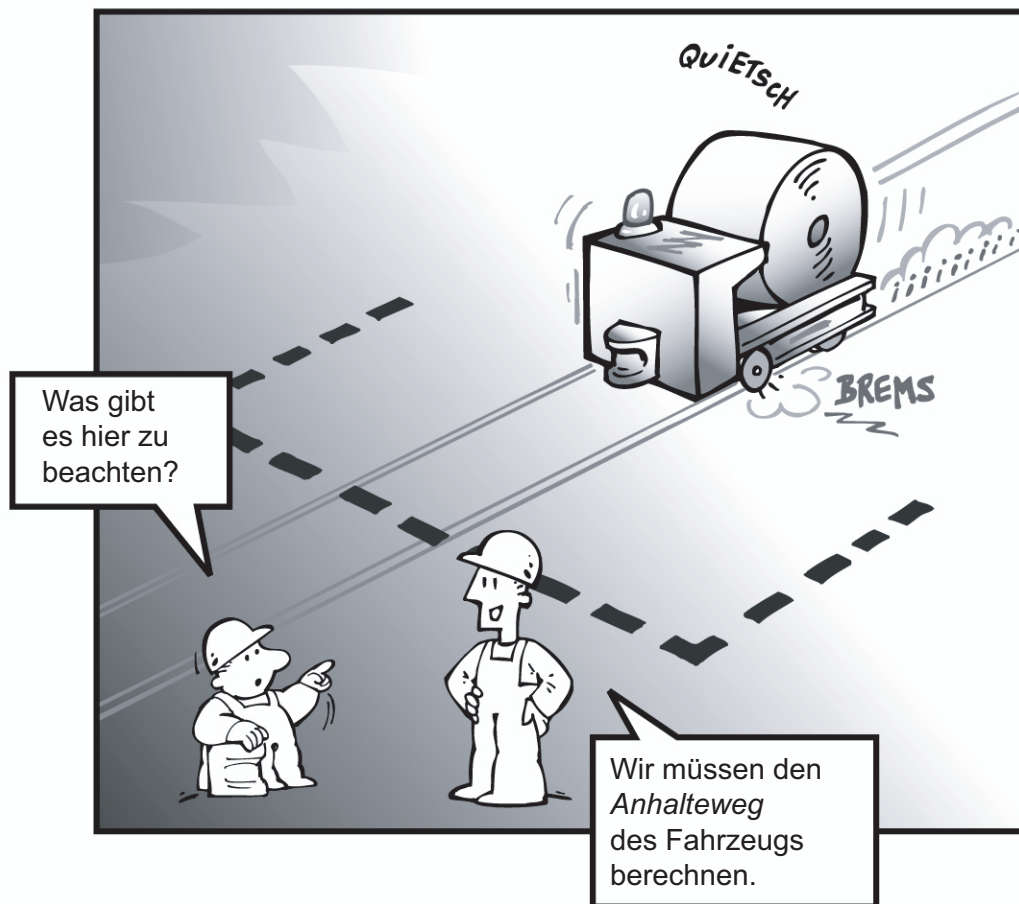
Der *Mindestsicherheitsabstand* eines *Schutzfeldes* wird nach *DIN EN 999* mit folgender Formel berechnet:

$$S = S_A + Z_F + Z_B + Z_M + Z_R + Z_E$$



- S_A Anhalteweg des Fahrzeugs
- Z_F Zuschlag für die fehlende *Fußfreiheit*
- Z_B Zuschlag für die nachlassende Bremskraft des Fahrzeugs
- Z_M Zuschlag für einen *generellen Messfehler* des LSC
- Z_R Zuschlag für *reflexionsbedingte Messfehler*
- Z_E Zuschlag für *einlernbedingte Messfehler*

Anhalteweg



Sie berechnen den *Anhalteweg* (S_A) aus dem *Bremsweg* (S_{BR}) des Fahrzeugs bei Maximalgeschwindigkeit und Maximallast und der Strecke (S_{ANS}), die das Fahrzeug während der Ansprechzeit des Sensors zurücklegt.

Die Formel heißt:

$$S_A = S_{BR} + S_{ANS}$$



S_{BR} entnehmen Sie bitte der Spezifikation des Fahrzeugherstellers. S_{ANS} ermitteln Sie, indem Sie die *Ansprechzeit des Sensors* (T_{ANS}) mit der maximalen Geschwindigkeit (V_{MAX}) multiplizieren:

$$S_{ANS} = T_{ANS} \times V_{MAX}$$

T_{ANS} ist abhängig von der *Mehrfachauswertung* und entspricht **0,08 Sekunden** bei Auslieferungszustand des LSC.

Zuschlag Z_F für die fehlende Fußfreiheit des Fahrzeugs



Ein entsprechender Zuschlag (Z_F) für die Länge des Fußes einer Person, die in das Schutzfeld eindringt, muss in die Schutzfeldlänge eingerechnet werden.

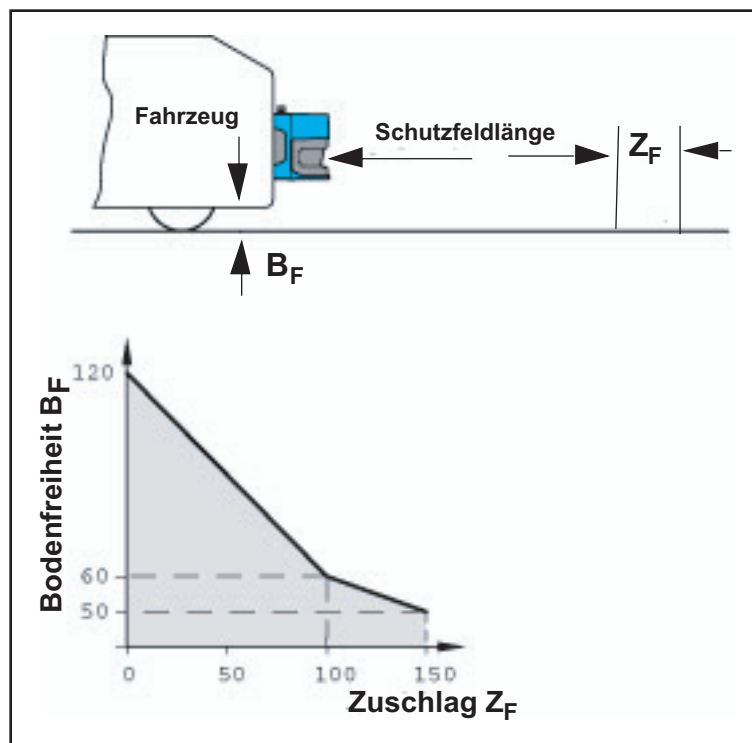


Abb. 5: Der Zuschlag Z_F berücksichtigt die fehlende Bodenfreiheit B_F des Fahrzeugs

Zuschlag Z_B für die nachlassende Bremswirkung des Fahrzeugs



Der Zuschlag Z_B für die nachlassende Bremswirkung des Fahrzeugs muss – sofern noch nicht im *Anhalteweg* (S_A) berücksichtigt – mit **10 %** vom *Anhalteweg* angesetzt werden.

$$Z_B = 0,1 \times S_A$$

Zuschlag Z_M für den generellen Messfehler

Der Scanner erkennt ein Objekt in seiner Position. Diese Position kann systembedingt etwas vor oder hinter der tatsächlichen Position liegen! Dieser Umstand wird durch den *Zuschlag Z_M genereller Messfehler* berücksichtigt.



- Bei feststehenden Gegenständen in der Nähe der Schutzfeldgrenze kann das zu unnötigen Abschaltungen führen. Deshalb ist der **generelle Messfehler (Z_M)** vom Schutzfeld abzuziehen.
- Eine Person kann unbemerkt vom Sensor in das Schutzfeld eindringen und sich der Gefahrenquelle nähern. Deshalb wird der Messfehler grundsätzlich als *Zuschlag Z_M* zur Schutzfeldlänge addiert.

Faustregel:

Rechnen Sie zu Ihrem *Schutzfeld* als *Zuschlag Z_M* hinzu:

Schutzfeld ≤ 2 m; *Zuschlag Z_M* = **9,4 cm**

Schutzfeld > 2 m; *Zuschlag Z_M* = **13,1 cm**

Der gleiche Abstand muss zusätzlich zu festen Gegenständen, wie z. B. Wänden, eingehalten werden.

Zuschlag Z_R für reflexionsbedingte Messfehler



Der Sensor bestimmt den Abstand eines Hindernisses aus der Laufzeit eines sehr kurzen Lichtimpulses. Damit die Messgenauigkeit für alle Hindernisse – von tiefschwarzem Stoff mit 1,8 % Reflektivität bis zu Präzisionsstripel-Reflektoren bis 10 000 % Reflektivität – optimal ist, bewertet der LSC das Empfangssignal.

Befindet sich ein dunkles Objekt vor einem *Retroreflektor*, so kann unter bestimmten Umständen (siehe Aufzählung unten) der Objektabstand 20 cm zu groß gemessen werden. Eine Person könnte somit maximal 20 cm in den zu überwachenden Bereich eindringen, ohne vom LSC erkannt zu werden.

Bei festen Begrenzungen, wie z. B. Wänden, dürfen sich keine *Retroreflektoren* in der *Scanebene* befinden, da Personen, die sich an der Begrenzung entlang bewegen, innerhalb des *Schutzfeldes* nicht erkannt werden. Dies tritt nur bei **gleichzeitigem** Vorliegen der folgenden Bedingungen auf:

- Zielentfernung ist größer als 2 m
- Ziel ist kleiner als 14 cm
- *Retroreflektor* liegt auf der *Scanebene*
- Reflektor ist innerhalb eines Winkels von $\pm 30^\circ$ senkrecht zur *Scanebene* ausgerichtet
- *Zielreflektivität* liegt im Bereich von 1,8 %
- *Retroreflektor* liegt nicht weiter als 2 m hinter dem Ziel
- Reflektor hat eine hohe Reflektivität

Zuschlag Z_E für einlernbedingten Messfehler



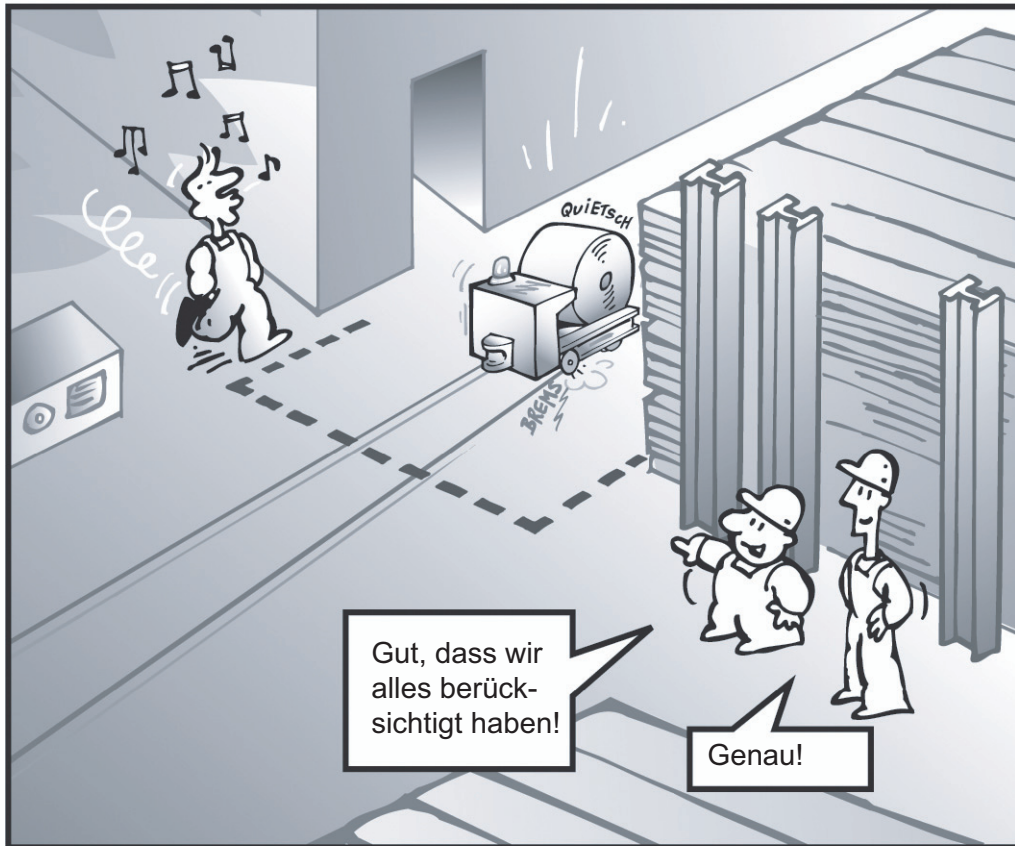
Dieser Zuschlag besteht aus zwei Faktoren:

- **4,5 cm** Zuschlag zum generellen Messfehler (bedingt durch die Unschärfe des Scanners an den Rändern)
- ggf. **13 cm** Zuschlag zum *Mindestsicherheitsabstand S* (bedingt durch den automatischen Abzug von 13 cm beim Einlernen aus Gründen der Verfügbarkeit)

Zur Erinnerung:

Formel	$S = S_A + Z_F + Z_B + Z_M + Z_R + Z_E$
S	<i>Mindestsicherheitsabstand</i> Festlegung des <i>Schutzfeldes</i> , Seite 26
S_A	<i>Anhalteweg</i> aus dem <i>Bremsweg</i> des Fahrzeugs, Seite 26
Z_F	Zuschlag für die fehlende <i>Fußfreiheit</i> des Fahrzeugs, Seite 35
Z_B	Zuschlag für die nachlassende Bremswirkung des Fahrzeugs, Seite 35
Z_M	Zuschlag für den generellen Messfehler (Wert entweder 9,4 oder 13,1 cm), Seite 36
Z_R	Zuschlag für eventuelle reflexionsbedingte Messfehler (= 10 cm), Seite 37
Z_E	Zuschlag für einlernbedingte Messfehler (= 4,5 + 13 cm), siehe oben

Seitliche Absicherung der Schutzfeldbreite



Achten Sie beim Konfigurieren des *Schutzfeldes* auch auf den seitlichen Zugang zum Fahrzeug.
Falls ein seitlicher Zugang möglich ist, muss das *Schutzfeld* breiter als das Fahrzeug konfiguriert werden.

Berechnungsbeispiele

Beispiel 1	
Berechnung der maximalen Messentfernung	
Anhalteweg (S_A)	180 cm (Bremsenverschleiß berücksichtigt)
Fahrzeugbreite (F_B)	140 cm
Fußfreiheit	> 12 cm
maximale Messentfernung	$\sqrt{(S_A^2 + 0,5F_B^2)} =$ $\sqrt{(180^2 + 70^2)} = 193,1 \text{ cm}$
Berechnung der Schutzfeldlänge	
Z_M (Zuschlag für generellen Messfehler)	9,4 cm (weil die Messentfernung < 2 m ist)
Z_F (Zuschlag für Fußfreiheit)	0 cm (<i>Fußfreiheit</i> > 12 cm)
Z_B (Zuschlag für die nachlassende Bremswirkung des Fahrzeugs)	0 cm (schon im <i>Anhalteweg</i> berücksichtigt)
Schutzfeldlänge S_L	$S_L = S_A + Z_M =$ $180 + 9,4 = 189,4 \text{ cm (aufgerundet auf 190 cm)}$
Berechnung der Schutzfeldbreite	
Z_M (Zuschlag für generellen Messfehler)	9,4 cm
Die Schutzfeldbreite S_B	$S_B = 0,5 F_B + Z_M = 70 + 9,4 = 79,4 \text{ cm}$ (aufgerundet auf 80 cm)

Beispiel 2	
Berechnung der Schutzfeldlänge	
Anhalteweg (S_A)	300 cm (ohne Bremsenverschleiß)
Fahrzeugbreite (F_B)	200 cm
Fußfreiheit	< 5 cm
Z_M (Zuschlag für generellen Messfehler)	13,1 cm (maximale Messentfernung ist > 2 m)
Z_F (Zuschlag für Fußfreiheit)	15 cm (<i>Fußfreiheit</i> < 5 cm)
Z_B (Zuschlag für die nachlassende Bremswirkung des Fahrzeugs)	$0,1 \times S_A = 30$ cm
Z_R (Zuschlag für Retroreflektoren) Auf der Scanebene können u. U. Retroreflektoren auftreten.	10 cm
Schutzfeldlänge S_L	$S_A + Z_M + Z_F + Z_B + Z_R =$ $300 + 13,1 + 15 + 30 + 10 = 368,1$ cm (aufgerundet auf 369 cm)
Berechnung der Schutzfeldbreite	
Z_M (Zuschlag für generellen Messfehler)	13,1 cm
Z_R (Zuschlag für Retroreflektoren)	10 cm
Die Schutzfeldbreite S_B	$S_B = 0,5 F_B + Z_M + Z_R = 123,1$ cm (aufgerundet auf 124 cm)

Glossar

Anhalteweg S_A	<p>Der Anhalteweg S_A setzt sich zusammen aus:</p> <ul style="list-style-type: none"> • dem längsten Bremsweg S_{BR} des Fahrzeugs, z. B. bei Maximalgeschwindigkeit und Maximallast • und seiner zurückgelegten Strecke S_{ANS} während der Ansprechzeit des Sensors T_{ANS}. <p>Reagiert eine Fahrzeugsteuerung nach dem Ansprechen des Sensors nicht unmittelbar mit der Einleitung des Bremsvorgangs, so sind die durch die Fahrzeugsteuerung bedingten Verzögerungen, wie z. B. Relaischaltzeiten, zusätzlich zu berücksichtigen.</p>
Annäherungsgeschwindigkeit K	<p>Dies ist die Geschwindigkeit, mit der sich Personen dem Gefahrenbereich mit Schreitgeschwindigkeit nähern. Gemäß DIN EN 999 beträgt die Annäherungsgeschwindigkeit bei Zugangsabsicherungen für die in dieser Betriebsanleitung beschriebenen Beispiele 160 cm/s.</p>
Ansprechzeit des Sensors T_{ANS}	<p>Maximale Zeit zwischen dem Eintritt einer Person in das Schutzfeld und dem Zeitpunkt, an dem der Sensor seine Ausgangssignale in den AUS-Zustand geschaltet hat. Diese Zeit ist von der Mehrfachauswertung abhängig. Für den LSC ist $T_{ANS} = \text{Mehrfachauswertung} \times 0,04 \text{ s}$</p>
Anbauhöhe H_A	Höhe vom Boden bis zur Gehäuseunterkante des LSC
Auflösung d	Durchmesser eines Objektes, das vom LSC noch sicher erkannt wird
Bremsweg S_{BR}	Vom Fahrzeug zurückgelegte Strecke vom Beginn des Bremsvorgangs bis zum Stillstand
DIN EN 999	Deutsche Fassung der Europäischen Norm EN 999: „Sicherheit von Maschinen – Anordnung von Schutzeinrichtungen im Hinblick auf Annäherungsgeschwindigkeit von Körperteilen“
Einlernmodus	Im Einlernmodus wird aus der vom Sensor abgetasteten Umgebungskontur ein neuer <i>Überwachungsbereich</i> gebildet.
Einsenkung	Bei einer Einsenkung wird der rückwärtige Teil des LSC in den Maschinenkörper eingebaut. Diese konstruktive Maßnahme kann verhindern, dass sich Personen, vom Sensor unbenutzt, in einem Gefahrenbereich direkt an einer Maschine befinden.
Fußfreiheit	Mindesthöhe der Unterkante eines Fahrzeugs, bei der ein Fuß unter das Fahrzeug gesetzt werden könnte, ohne dass der Fuß verletzt wird.
Höhe der Detektion H_D	Höhe über dem Boden, in der der Laserstrahl auf eine zu erkennende Person auftrifft

Höhe der Scannermontage H_S	Höhe des Sendestrahl über dem Boden beim Austritt aus dem Sensorgehäuse. H_S befindet sich 6,3 cm oberhalb der Gehäuseunterkante des LSC.
Mehrfachauswertung MFA	Anzahl der aufeinander folgenden Scans (d. h. Spiegeldrehungen), mit denen der Sensor eine Person abtasten muss, bis er reagiert, z. B. eine Schutzfeldverletzung meldet. Je höher der Wert der Mehrfachauswertung eingestellt ist, desto stabiler wird das System (so kann u. U. in einer Umgebung mit erhöhter Staubkonzentration eine akzeptable Verfügbarkeit erzielt werden), desto langsamer reagiert aber der Sensor. Aus Sicherheitsgründen sollte die Mehrfachauswertung so niedrig wie möglich eingestellt werden.
Mindestsicherheitsabstand S	Mindestabstand zwischen Gefahrenquelle und der Stelle, an der die Person vom LSC sicher erkannt wird
Nachlaufzeit T	Verzögerungszeit zwischen dem Betreten des Schutzfeldes und dem Stillstand der Maschine oder des Fahrzeugs. Die Nachlaufzeit T ist die Summe aus <ul style="list-style-type: none"> • Ansprechzeit des LSC T_{ANS} • Zeitspanne zwischen Empfang des Signals vom LSC und Stillstand der Maschine.
Nahtaster	Sensor zur Erkennung von Hindernissen im Nahbereich (< 4 cm)
Retroreflektor	Gegenstand, der Licht durch Spiegel- oder Prismenflächen wieder in die Richtung seines Ausgangsortes zurückleitet und dabei eine Reflektivität von z. B. bis zu 10 000% erreicht. Befindet sich ein solcher Gegenstand in der Scanebene, muss ein Zuschlag Z_R von 20 cm bei stationärer und 10 cm bei mobiler Absicherung zum Mindestsicherheitsabstand addiert werden.
Scanebene	Ebene (Fläche), die vom Laserstrahl abgetastet wird
Schaltleiste	Schutzeinrichtung, die die Berührung durch eine Person erkennen soll
Schutzfeld	Sicherheitsgerichteter Bereich, d. h. der Bereich, in dem eine Person sicher erkannt wird Beim Betreten dieses Bereichs schaltet der LSC die Maschine oder das Fahrzeug sicher ab. Der Radius des Schutzfeldes kann bis zu 4 m betragen und nur in diesem Bereich ist Personenschutz gewährleistet.
Schutzfeldlänge, maximal	Größte auftretende Entfernung von der Gefahrenquelle bis zum äußersten Punkt des Schutzfeldes (z. B. Diagonale bei rechteckigen Schutzfeldern). Ein möglicher Zuschlag C variiert mit der Höhe der Detektion H_D .
Spiegeldrehpunkt	Punkt im Sensor, von dem aus der Laserstrahl gesendet wird. Der Spiegeldrehpunkt bestimmt die vordere Schutzfeldkante.

Totzone	Gefahrenbereich, in dem sich Personen, vom Sensor unbee-merkt, befinden können.
Überstand Z	Abstand zwischen der Stirnseite des LSC und der Maschinen- vorderseite
Überwachungsbereich	Bereich, der sich aus dem Schutzfeld und einem optionalen Warnfeld zusammensetzt
Umgebungsfaktoren	Äußere Einwirkungen in der Umgebung des LSC, die den Messvorgang stören können, wie z. B. Retroreflektoren, Staub, Nebel, Licht oder Sonneneinfall
Unterschnitt US	Verlängerung der Maschine über die Montagefläche des LSC hinaus, die verhindert, dass sich eine Person im Gefahren- bereich befindet, aber außerhalb des Schutzfeldes
Warnfeld	Nicht sicherheitsgerichteter Bereich mit einem Radius bis zu 15 m, der als Vorstufe des Schutzfeldes dienen kann. Beim Betreten dieses Bereichs kann ein optisches oder akustisches Signal ausgelöst werden. Dieser Bereich darf auf keinen Fall für den Personenschutz eingesetzt werden.
Wiederanlaufsperr	Einrichtung zur Verhinderung eines automatischen Wieder- anlaufs der Maschine nach Betreten des Schutzfeldes. Eine Wiederanlaufsperr ist immer dann erforderlich, wenn das Schutzfeld zur Gefahrenquelle hin verlassen werden kann oder eine solche Einrichtung von einer für die Anwendung relevanten Norm gefordert wird.
Zielreflektivität	Eigenschaft eines Gegenstandes, der vom Laserstrahl getroffen den Lichtstrahl reflektiert
Zuschlag C	Zusätzlicher Zuschlag zum Mindestsicherheitsabstand S, der die Möglichkeit berücksichtigt, über das Schutzfeld hinüberzu- greifen, ohne vom LSC wahrgenommen zu werden. Dieser Zuschlag variiert mit der Höhe der Detektion H_D .
Zuschlag, Einlernmodus Z_E	Zusätzlich erforderlicher Zuschlag beim Einlernmodus zur Korrektur des eingelernten Schutzfeldes. Beträgt 4,5 cm bei stationärer oder mobiler Absicherung.
Zuschlag, genereller Messfehler Z_M	Der Scanner erkennt ein Objekt in seiner Position. Diese Position kann systembedingt etwas vor oder hinter der tat- sächlichen Position liegen (Wert entweder 9,4 oder 13,1 cm).
Zuschlag, reflexionsbedingt Z_R	Zuschlag bei Vorhandensein von Retroreflektoren, die zu Messfehlern beim LSC führen können. Beträgt 20 cm bei stationärer und 10 cm bei mobiler Absicherung durch LSC.

Index

A

Anbauhöhe 4, 11, 20
Anhalteweg 33, 34, 35, 38, 40, 41
Annäherungsgeschwindigkeit K 9, 14
Ansprechzeit des Sensors T_{ANS} 7, 9, 14, 27, 34
Auflösung d 6, 10, 21

B

Beinhöhe 5, 17
Blendung 11
Bremsweg 34

D

DIN EN 999 8, 9, 32, 33

E

Einlernmodus 8, 32
Einsenkung 16, 18

F

Fahrzeuggeschwindigkeit 28
Fußfreiheit 33, 35, 38, 40, 41

G

Gefahrenbereich 24
Grafisch-numerischer Eingabemodus 8, 9, 32, 33

H

H_A (Anbauhöhe) 4, 11, 20
 H_D (Höhe der Detektion) 3, 5, 6, 10, 11, 14
 H_S (Höhe der Scannermontage) 4, 11, 20

K

Konfigurationsmethode 8, 9, 32, 33
Koordinaten 9, 33

M

Mehrfachauswertung 7, 9, 27, 34
Mindestsicherheitsabstand 7, 8, 9, 13, 14, 27,
33, 37, 38
Mobilität 29

N

Nachlaufzeit T 9, 14
Nahbereich 24, 31
Nahtaster 24

P

Präzisionstripel-Reflektoren 13, 37

R

Retroreflektor 13, 37, 41

S

S_{BR} (Bremsweg) 34
Scan 7, 27
Scanebene 11, 13, 20, 23, 37, 41
Schaltleisten 30, 31
Schutzfeld 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 18, 19, 23,
24, 26, 27, 32, 33, 36, 37, 38, 39
Schutzfeldlänge, maximal 2, 6, 10, 21, 22, 26
Schutzfeldverletzung 7, 27
Spiegeldrehpunkt 15

T

Totzone 15, 16, 19, 30

U

Überstand Z 19, 20, 31
Überwachungsbereich 42, 44
Umgebungsfaktoren 8, 9, 32
Unterschnitt 16, 17, 21, 22, 24, 31

V

Verfügbarkeit 24

W

Warnfeld 2, 26
Wiederanlaufsperrung 1, 24

Z

Zielreflektivität 13, 37
Zuschlag
C 5, 9, 10, 11, 14
 Z_B 33, 35, 38, 40, 41
 Z_E 9, 10, 14, 33, 38
 Z_F 33, 35, 38, 40, 41
 Z_M 9, 10, 12, 14, 21, 33, 36, 38, 40, 41
 Z_R 9, 10, 13, 14, 33, 37, 38, 41