

# Systemauswahl für ein Kindersicherheitssystem im Umfeld von Traktoren und mitgeführten Maschinen

Elisabeth Quendler\*, Josef Boxberger und Stefan Niernsee

Universität für Bodenkultur, Institut für Landtechnik, Wien, Österreich

## Kurzfassung - Abstract

Jedes Jahr verunglücken weltweit viele Kinder tödlich im Umfeld von Traktoren und deren mitgeführten Maschinen auf Bauernhöfen. Diese Unfälle sind einerseits durch das Fehlverhalten von Kindern und Erwachsenen, andererseits durch die Konstruktion der landwirtschaftlichen Maschinen und Geräte bedingt. Aufgrund der Unübersichtlichkeit von landwirtschaftlichen Maschinen und der häufigen Untrennbarkeit der Arbeits- und Erziehungsumwelt können Sicherheitslücken nicht allein durch präventives Handeln vermieden werden. Es muss davon ausgegangen werden, dass sich die Situation für Kinder, die auf Bauernhöfen aufwachsen oder dort ihre Ferien verbringen, weiter verschärft, da die eingesetzten Maschinen ständig größer und dadurch unübersichtlicher werden und mit weniger Arbeitskräften größere Anbauflächen und Viehbestände zu bewirtschaften sind. In der vorliegenden Untersuchung werden die Systemanforderungen für ein elektronisches Fahrerassistenzsystem definiert. Auf diese Weise soll der Fahrer über die Anwesenheit von Kindern im unmittelbaren Gefahrenumfeld früh genug gewarnt werden, um die Unfallgefahr abzuwenden. Für eine lückenlose Erfassung des gesamten Fahrzeugbereichs lässt sich mit vertretbarem technischen Aufwand die indirekte Erkennung über sogenannte Transponder, von Kindern getragene Signalgeber, nutzen. Als möglicher Technologieansatz ist die Kombination aus kooperativen Radarwellentranspondern für die rasche Erkennung in Fahrtrichtung und der Identifikation durch Kopplung im hochfrequenten elektrischen Nahfeld für das lückenlose, unmittelbare Gefahrenumfeld anzusehen.

**Schlüsselwörter:** Fahrerassistenzsystem, Radartechnologie, Elektromagnetisches Nahfeld, Kinder, Traktor, Maschinen und Geräte

## Requirements for a driver assistant system around agricultural vehicles

Every year children die or suffer severe injuries around tractors and other agricultural machines on farms. A variety of factors influence the likelihood of accidents involving children. These include the threats posed by machines and the environment, the child's physical and psychological characteristics at developmental stages, and the way in which the adults use their own authority. Due to the complexity of agricultural machinery and the fine line separating work and home, there are gaps in the safety system that require more than basic preventive measures. The tendency towards accidents increases as agricultural machinery and equipment become larger and more efficient to better suit the large areas under cultivation and the high livestock numbers that are managed by ever less family labour. The goal of this study is to define requirements for an electronic driver assistant system that allows the driver to avoid collision with children by detecting whether or not children are in danger zones surrounding farm machinery. The technical demands for a driver assistant system that recognizes or detects children would have to be defined in such a way that any resulting safety gap due to a lack of precautionary measures on the part of children and adults or construction and environmental factors could be eliminated. Safe and instant recognition of children at affordable cost is only indirectly possible, via a signal, a transponder that children could carry with them. The possible technological base would combine a slumbering microwave transponder used for fast recognition within larger distances in the direction of travel with a short-wave transponder for recognition within the immediate environment that works through coupling at a high-frequency electronic rate.

**Keywords:** Driver assistant system, radar technology, short wave field, children, tractor, agricultural machines and devices

## 1 Einleitung

Auf Bauernhöfen finden Kinder ein großes technisches Umfeld vor, das sie inspiriert und fasziniert. Es bietet ihnen nicht nur eine Lebens-, Spiel- und Lernumgebung, sondern auch das künftige Arbeitsfeld, das aufgrund von familiärer Tradition, der Naturverbundenheit und des multifunktionalen Aufgabenbereiches für die Gesellschaft früh entdeckt und erlernt werden soll. Im alltäglichen Routinegeschehen vergessen sowohl Erwachsene als auch Kinder, dass Sicherheits-

lücken in dieser Umgebung, die teils nicht bekannt oder bewusst sind, lebensbedrohlich werden können. Zum Beispiel verunglücken in Bayern jährlich bis zu fünf Kinder tödlich. Ähnliche Zahlen sind für Österreich, Baden Württemberg, Sachsen sowie Finnland registriert (Furian et al., 2002, Luoma, 2004, Allinger 2005). In den Vereinigten Staaten oder Australien, wo bis zu einem Drittel aller Kinder noch auf landwirtschaftlichen Betrieben aufwachsen, werden jährlich durchschnittlich bis zu 12 Todesfälle sowie Tausende

\* Corresponding author. Tel.: ++43 (1) 476 54 35 06; Fax: ++43 (1) 476 54 35 27; E-mail: [elisabeth.quendler@boku.ac.at](mailto:elisabeth.quendler@boku.ac.at)

von Verletzten gezählt (Maldonado, 2003). Tragisch ist auch der Umstand, dass auf jedes tote Kind mehr als 10 Kinder kommen, die bleibende Behinderungen davontragen. Die Anzahl der unsicheren Handlungen ist für dieses weltweite Problem sogar 1.000 bis 10.000-fach höher (Furian et al. 2002, Australian Government Department of Health and Ageing 2004). Die Wahrscheinlichkeit dieser Unfälle sowie deren tatsächliche Anzahl kann nur durch Abnahme der unsicheren Handlungen reduziert werden. Für die Beteiligten am Unfallgeschehen sowie Verwandte der Unfallopfer erwachsen erhebliche psychologische Probleme, die existenz- und lebensbedrohlich sein können. Beispiele für Folgeereignisse aus der Vergangenheit sind Selbstmorde, zerrüttete Ehen, Arbeitsunfähigkeit oder Betriebsaufgabe aufgrund von zermürbenden Schuldgefühlen (Walters 2004, Allinger 2005).

Die Ursachen von bis zu 90 % der Todesfälle von Kindern auf Bauernhöfen sind Unfälle durch Anfahren und Überrollen mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen und deren mitgeführten Geräten (Graham 1999). Die Lenker waren zum Unfallzeitpunkt nicht früh genug darüber informiert, dass sich ein Kind in der unmittelbaren Nähe oder im Hintergrund eines Fahrzeuges aufhielt. Das Gefahrenpotenzial ergibt sich aus dem Bestand an eingesetzten landwirtschaftlichen Fahrzeugen, der weltweit auf 30 Millionen Stück beziffert wird (Club of Rome 2000).

Aufgrund der Unübersichtlichkeit von landwirtschaftlichen Maschinen und der häufigen Untrennbarkeit der Arbeits- und Erziehungsumwelt können Sicherheitslücken nicht allein durch präventives Handeln vermieden werden. Um das Überrollen von Kindern, die sich im Umfeld von Traktoren und Maschinen aufhalten, zu vermeiden, ist derzeit noch keine Sicherheitsausrüstung am Markt verfügbar, die in jedem Fall und in jeder Richtung gewährleistet, dass der Lenker früh genug die Gefahren des Anfahrens von Kindern wahrnehmen kann. Ein technisches System, das gewährleistet, dass Fahrer von landwirtschaftlichen Fahrzeugen über die Anwesenheit von Kindern in schwierig einsehbaren Positionen gewarnt werden, könnte die gegenwärtige Unfallhäufigkeit reduzieren.

Das Ziel der Arbeit besteht in der Auswahl eines technischen Systems für ein Fahrerassistenzsystem, das Kinder erkennt oder detektiert. Mit Hilfe der verfügbaren Technologien sollen dabei die Sicherheitslücken, die konstruktionsbedingt sind bzw. sich durch das Fehlverhalten von Kindern und Erwachsenen ergeben, so weit wie möglich geschlossen werden.

## 2 Material und Methoden

Die Informationen, die für Systemauswahl und -aufbau sowie benutzergerechte Ausgestaltung benötigt werden, resultieren aus den Erfahrungen über Unfälle

und deren Häufigkeiten, aus den Erfahrungen über Geschwindigkeiten von Fahrzeugen und Kindern sowie aus den Ergebnissen mikroelektronischer Entwicklungen. Außerdem spielt die Akzeptanz von technischen Hilfsmitteln in der ländlichen Bevölkerung eine wichtige Rolle.

Für das vergangene Jahrzehnt wurde in Zeitungen und im World Wide Web recherchiert und wurden Informationen über Kinderunfälle mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen gesammelt. Zusätzlich konnten von landwirtschaftlichen Versicherungsinstitutionen Aufzeichnungen und Mitteilungen zum Unfallgeschehen ausgewertet werden. Die Unfallursachen sind nur auf Basis dieser Berichte und vorhandener Literatur eruiert und evaluierbar, da eine Unfallstatistik zu Kinderunfällen in der Landwirtschaft nicht vorliegt.

Zur Ermittlung der Sichtfeldeinengungen wurde der Strahlensatz angewendet, da sich das Schattenrissverfahren nach ISO-Norm 5721 (Abb. 1) zur Einstufung des Gefährdungspotenzials für Kinder durch konstruktionsbedingte Sichtverhältniseinschränkungen - aufgrund der körpergrößenabhängigen Effekte in der Fläche - als unbrauchbar erwies.

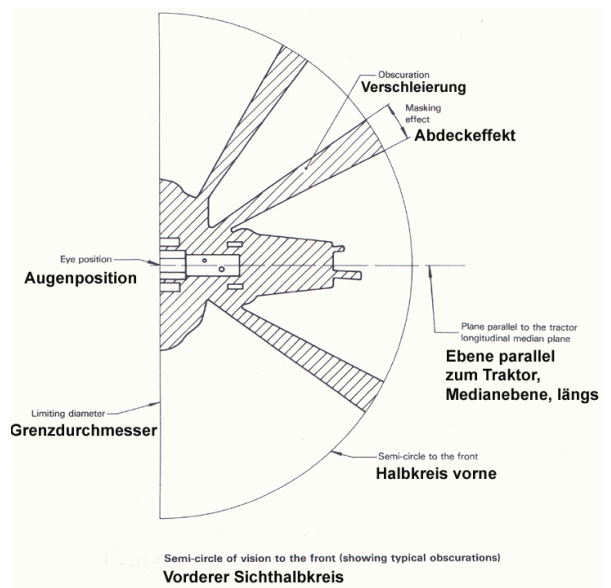


Abb. 1: Vorderer Sichthalbkreis (ISO 1989)

Die für den *worst case* herangezogenen üblichen Geschwindigkeiten von landwirtschaftlichen Fahrzeugen und Kindern entstammen der Literatur. Mit den Extremgeschwindigkeiten der Verkehrsteilnehmer, Traktor und Kind, sind die erforderlichen Anhaltewege, um eine Kollision zu vermeiden, zu errechnen. Die Anhaltewege wurden berechnet, da diese jenen Distanzen entsprechen, die ein elektronisches Hilfsmittel abdecken muss, damit der Fahrer frühzeitig das Warnsignal wahrnehmen kann. Die Auswahl elektronischer Technologien erfolgte nach den Kriterien störungsfreie Funktionstüchtigkeit im landwirtschaftlichen Umfeld,

Gewährleistung eines möglichst lückenlosen Schutzes sowie preiswerte Herstellung.

Die Visualisierung der nicht einsehbaren Bereiche und die Tests mit einem Demonstrator der gewählten Technologiekomponenten - Elektromagnetisches Nahfeld und Mikrowellenradar - wurden an einem Steyr 8090 Turbo mit Anhänger durchgeführt.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

#### 3.1 Verhaltensbedingte Unfallursachen

Fehlverhalten, das den Unfall herbeiführt, kann durch Erwachsene und Kinder im Umfeld von landwirtschaftlichen Fahrzeugen ausgelöst werden. Die Aufsichtspflicht der Eltern, die beispielsweise im Allgemeinen Bürgerlichen Gesetzbuch des Österreichischen Rechtes ausgeführt ist, sieht Pflege- und Erziehungsaufgaben vor, die das körperliche Wohl und die Gesundheit der Kinder gewährleisten sollen (Mohr 2005). Eine Einschränkung dieser Verpflichtungen stellen die Lebensverhältnisse der Eltern dar. Für die Praxis hat dies zur Folge, dass die Eltern, soweit es in ihrem Einflussbereich liegt, Gefahrenquellen für Kinder beseitigen und entschärfen müssen, also die notwendigen und zweckmäßigen Maßnahmen im Bereich der Prävention durchzuführen haben. Trotz dieser Verpflichtung gilt die Haftung für Eltern nicht in jedem Fall, sondern nur für die schuldhaft vernachlässigte Aufsichtspflicht (Illedits-Lohr & Illedits 2004).

Das Lenken von landwirtschaftlichen Fahrzeugen verlangt von Erwachsenen eine hohe Konzentration, da mehrere Informationen, im Nah- und Fernfeld der Fahrzeuge, gleichzeitig visuell wahrgenommen werden müssen. Die meisten Unfälle ereignen sich während arbeitsreicher und termingebundener Zeitspannen sowie in den Ferien und im Vorschulstadium, wenn die Kinder ganztägig im Hause sind und häufiger mit dem Arbeitsumfeld der Eltern in Berührung kommen (Furian et al. 2002). Ein Fernhalten der Kinder oder eine kontinuierliche Aufsicht außerhalb des Arbeitsplatzes oder während der Arbeitserledigung ist auf landwirtschaftlichen Betrieben, die gerade auf bäuerlichen Familienbetrieben mit den wenigen familien-eigenen Arbeitskräften bewirtschaftet werden, nicht ständig möglich (Luoma 2004).

Das Verhalten von Kindern ist durch Spontanität, Neugierde und Nachahmungsaktivitäten geprägt, weshalb sie ihre Spielplätze häufig im Nahfeld von landwirtschaftlichen Maschinen und Geräten suchen oder beim Wahrnehmen von Fahrzeugen aus der Ferne gerne auf diese zulaufen. Kinder verstecken sich in den Felgen der Räder, zwischen sowie unter Zugmaschinen und Anhängern. Durch die geringe Körpergröße und andere Fortbewegungsabläufe werden Kinder in verdeckten Arbeitszonen häufig übersehen. Die Wahrnehmungsfähigkeit ist von Kindern, bedingt

durch das eingeschränkte Gesichtsfeld und die geringere Hörfähigkeit bis zum 8. Lebensjahr, um bis zu 30 % vermindert. Gefahr und Geschwindigkeit sowie Realität und Phantasie nehmen die Kinder daher ganz unterschiedlich wahr (Reinken et al. 1980). Die eingeschränkten Wahrnehmungsfähigkeiten werden sehr oft von den Erwachsenen unterschätzt (Leindl 2003). Kinder, die sich auf landwirtschaftlichen Betrieben aufhalten, haben ein drei Mal so hohes Risiko einen tödlichen Unfall zu erleiden als ein Stadtkind (Furian et al. 2002, Maldonado 2003). Kinderunfälle mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen, welche in den vergangenen 10 Jahren in der österreichischen Tagespresse verlautbart wurden, sind in der Tabelle 1 zusammengefasst. Mehr als 50 % haben sich nicht beim Mit- oder Selbstfahren der Kinder, sondern beim Aufenthalt im Umfeld, durch Kollisionen, ereignet.

In anderen Ländern wurden in der Vergangenheit 50 bis 90 % aller tödlichen Kinderunfälle auf Bauernhöfen durch Anfahren und Überrollen verursacht. Die weiteren 10 bis 50 % wurden nicht nur durch Mitfahren, sondern auch durch Ertrinken im Hofteich ausgelöst. Die Unfälle durch Anfahren und Überrollen entsprechen in der Regel einem der nachfolgend erläuterten Abläufe:

- Kinder laufen auf das fahrende oder anfahrende Fahrzeug zu und werden vom Fahrzeug oder Anhänger überrollt.
- Kinder verbergen sich am Fahrzeug (z.B. in der Felge), unter oder hinter dem Fahrzeug oder in dessen Nähe und werden vom anfahrenden Fahrzeug oder der mitgeführten Maschine erfasst (Allinger 2003).

Die Mehrzahl dieser Anfahr- und Überrollunfälle, mehr als 80 %, werden im Nahfeld ausgelöst (Tab. 1).

Tab. 1: Kinderunfälle im Umfeld von landwirtschaftlichen Fahrzeugen in Österreich (1994-2004)

Unfallarten	Anteil (%)
Mitfahren der Kinder	37,0
Selbstfahren der Kinder	7,4
Kollisionen	
- bei Aufenthalt im unmittelbaren Umfeld	40,7
- beim Rückwärtsfahren	7,4
- in Fahrtrichtung	5,6
- durch seitliches Aufeinandertreffen	1,9

Quelle: Austria Presse Agentur (2004)

Gemäß diesen Unfallabläufen und -häufigkeiten kann auch für die Wahl von technischen Lösungen zwischen dem Nah- und Fernfeld differenziert werden. Das Fernfeld entspricht dem Umfeld über eine größere Distanz, zumindest in den beiden Fahrtrichtungen, um ein Zulaufen auf fahrende Fahrzeuge aus der Ferne rechtzeitig zu registrieren. Das Nahfeld erstreckt sich

auf das Umfeld von wenigen Metern um die landwirtschaftlichen Fahrzeuge und entspricht dem zweitgenannten Unfallablauf.

### 3.2 Konstruktions- und umgebungsbedingte Unfallursachen

Die Konstruktion der Traktoren sowie die Gestaltung der Hof-, Feld-, Bau- und sonstigen Flächen können verhaltensunabhängig die normale Sicht stark einschränken. Im unmittelbaren Umfeld der Traktoren und den mitgeführten Maschinen und Geräten kann konstruktionsbedingt ein relativ großer Bereich nicht vom Sichtfeld des Fahrers, selbst bei einem guten Sehvermögen, erfasst werden.

Der nicht einsehbare Bereich, der durch die Fahrzeugkonstruktion verursacht wird, entspricht dem schattierten Bereich der Abb. 1. Die Sichtfeldbestimmung, der diese Skizze entstammt, führen die Traktorenhersteller nach der ISO-Norm 5721, dem Schattenrissverfahren durch. Auch die EU-Richtlinien 74/347/EWG (EWG 1974) und 77/649/EWG (EWG 1977) beziehen sich darauf und sehen eine Angleichung der Rechtsvorschriften bezüglich des Sichtfeldes für alle Mitgliedsstaaten vor.

Die Sichtfeldeinengung ergibt sich durch die flächigen Fahrzeugkomponenten wie der Motorhaube und den seitlichen Kotflügeln sowie den Maskeneffekten, die durch einzelne strukturelle Komponenten wie Auspuff- und Kabinendachsäulen verursacht werden. Die größten unmittelbaren Sichtfeldeinengungen sind im Bereich der großen Hinterreifen und vor der Motorhaube vorzufinden (Abb. 2, ISO 1989).

Die Entfernung des nicht einsehbaren Bereiches des *worst case* kann nach dem Strahlensatzprinzip berechnet werden (Auernhammer et al. 1977b). Die nicht einsehbaren Bereiche wurden an einem Steyr 8090

Turbo mit Anhänger visualisiert und auch für die ungünstigste Situation errechnet. Der Steyr 8090 Turbo, der eine Länge von 3,7 Metern und eine Breite von 2 Metern aufweist, entspricht in seinen Abmessungen den gängigsten Unfalltraktoren in Deutschland und Österreich. Der nicht einsehbare Bereich neben dem Hinterreifen, die Entfernung von S' bis L, erstreckt sich entsprechend der Gleichung 1 seitlich über 2,8 Meter und vor der Motorhaube über 1,6 Meter. Das erstgenannte Ergebnis bedeutet zum Beispiel, dass ein 0,75 m großes Kleinkind stehend mindestens 1,6 Meter und krabbelnd 2,3 Meter vom hinteren Reifen entfernt sein muss, damit es vom Fahrer beim Seitwärtschauen gesichtet wird. Der nicht einsehbare Bereich beträgt 100 % hinter dem Anhänger und vergrößert sich seitlich mit zunehmender Länge der mitgeführten Maschine. Mit einem Seitenspiegel, seitlich der Fahrerkabine montiert, kann der seitwärts nicht einsehbare Bereich nur zum Teil reduziert werden.

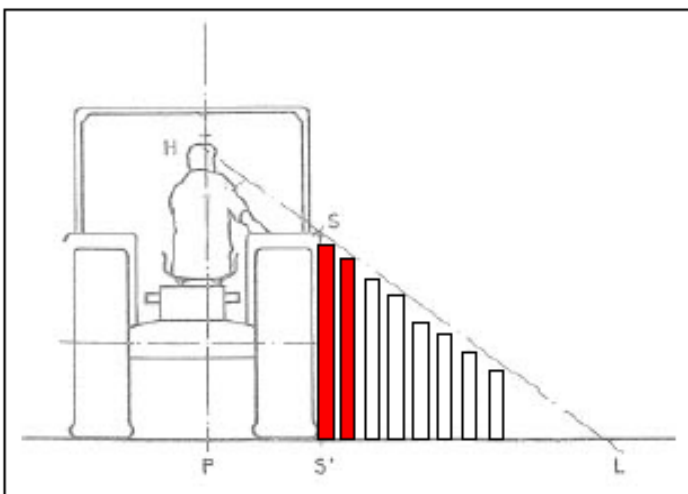
**Formel zur Berechnung des *worst case* für den nicht einsehbaren Abstand neben dem großen Hinterreifen:**

$$l = \frac{a \times k}{h - k} \quad (1)$$

- L = Sichtlinie
- a = Distanz PS' (m)            messbar
- h = Distanz PH (m)            messbar
- k = Distanz S'S (m)           messbar
- l = S'L (m)                      errechenbar

Beispiel für einen Steyr 8090 Turbo:

$$\frac{1,03 \times 1,66}{2,27 - 1,66} m = 2,84 m$$



■ Maximale Größen von nicht sichtbaren Objekten



Abb. 2: Strahlensatzprinzip modifiziert nach Auernhammer et al. (1977a)

Diese Sichtproblematik verschärft sich mit zunehmender Größe der landwirtschaftlichen Fahrzeuge. Die Längen-, Breiten- und Höhenmaße der Standardtraktoren mit gleicher PS-Anzahl haben sich in den vergangenen Jahrzehnten unwesentlich verändert. Auf dieser Vergleichsbasis kann kein Hinweis auf Veränderungen in der Übersichtlichkeit erbracht werden. Nicht unbedenklich ist aber die Tatsache, dass in landwirtschaftlichen Betrieben die bestehenden Traktoren kontinuierlich durch leistungsstärkere Traktoren ersetzt wurden. Nimmt man beispielsweise praxisgerecht an, dass auf einem 50 ha Betrieb der 65 PS-Traktor der 70er Jahre derzeit durch einen 89 PS-Traktor ersetzt wird, so werden die bisherigen Tätigkeiten mit einem Traktor erledigt, der deutlich länger und höher ist. Beim Vergleich dieser Standardtraktoren betragen die Unterschiede 0,43 Meter in der Länge und 0,79 Meter in der Höhe, so dass sich der nicht einsehbare Bereich mit dem Traktorenaustausch vergrößert (DLZ 2005). Dieser Wechsel erfolgt im Durchschnitt nach mehr als 20 Jahren, wobei die Feldtraktoren meist nicht länger als 10 Jahre eingesetzt werden und die Hoftraktoren häufig bis zu 40 Jahre für die Hofarbeiten in Verwendung sind. Weltweit sind 26,3 Millionen Traktoren und 4,2 Millionen Selbstfahrer im Einsatz, wobei 14,2 Millionen Traktoren sowie 1,2 Millionen Selbstfahrer auf die europäische Landwirtschaft entfallen. Die durchschnittliche Einsatzdauer liegt bei über 20 Jahren in den industrialisierten europäischen Ländern. Aus diesem Grund sollte sichergestellt werden, dass mögliche Fahrerassistenzausstattungen nicht nur bei neuen Traktoren integriert verfügbar sind, sondern auch auf gebrauchten landwirtschaftlichen Maschinen nachgerüstet werden (Kraftfahrt-Bundesamt 2004a, 2004b, Pöschl 2004, Profi 2005).

Landwirtschaftliche Fahrzeuge kommen auch mit urbanen Bereichen in Berührung, insbesondere bei überbetrieblicher Arbeitserledigung, die durch vielfältige Landschafts- und Vegetationsformen, Fahrwege und Abstellplätze geprägt sind. Sie bestehen aus verschiedenen Materialien, Stein-, Metall-, Beton-, Kunststoff- und Holzelementen mit und ohne elektrischen Verbindungen, und können aufgrund ihrer Mächtigkeit und Dichte das Sichtfeld des Fahrzeuglenkers über die konstruktionsbedingte Sichtfeldeinengung hinaus noch zusätzlich stark einschränken. Deshalb muss eine Detektion von Personen auch durch Hindernisse hindurch erfolgen, um die Gefahr frühzeitig erkennen zu können. Die technischen Bauteile, die zur Detektion eingesetzt werden, müssen extremen Umfeldeinflüssen standhalten. Schmutz, Staub, Feuchtigkeit durch Regen, Schnee und Waschvorgänge sowie mechanische und elektrische Einflüsse können die Funktion negativ beeinträchtigen.

### 3.3 Geschwindigkeiten

Die üblichen Geschwindigkeiten von landwirtschaftlichen Fahrzeugen am Hof sowie am Feld sind 4 bis 10 km/h beim Vorwärtsfahren und höchstens 4 km/h beim Rückwärtsfahren. Kinder bis 7 Jahre nähern sich Fahrzeugen mit Geh- bis Laufgeschwindigkeiten von 1,6 bis höchstens 2,85 Meter pro Sekunde (Schepens et al. 1998, Bastien et al. 2003, N.N. 2005). Für den *worst case* ist anzunehmen, dass die beiden Verkehrsteilnehmer, landwirtschaftliches Fahrzeug und Kind, in Kollisionssituationen Geschwindigkeiten von höchstens 12 km/h aufweisen.

Der Anhalteweg, der vom Erkennen eines Hindernisses bis zum Stillstand des Fahrzeuges aufläuft, ist von der Reaktionszeit, dem Bremschwellenwert und der Bremsverzögerung abhängig (Green 2000). Bei ungünstigen Fahrbahn- und Reaktionsbedingungen benötigt ein Traktor mit Anhänger bei einer Fahrgeschwindigkeit von 10 km/h etwa 3 Meter und bei 12 km/h etwa 4 Meter, um das Fahrzeug zum Stillstand zu bringen. Unter der Annahme, dass das Kind sich auch gleich schnell annähert, erhöht sich dieser Abstand maximal auf das Zweifache. Bei Fahrgeschwindigkeiten von bis zu 4 km/h werden beim Rückwärtsfahren für das Anhalten maximal 1,5 Meter benötigt. Dieser Abstand erhöht sich wiederum um den Anhalteweg, der aus der Annäherungsgeschwindigkeit des Kindes resultiert. Ein Fahrer müsste somit beim Vorwärtsfahren die Gefahr spätestens bei einem Abstand des Fahrzeuges zum Kind von etwa 8 Metern wahrnehmen, damit durch rechtzeitiges Anhalten eine Kollision vermieden werden kann. Im rückwärtigen Bereich kommt man mit wenigen Metern aus, da die Fahrgeschwindigkeit deutlich niedriger ist, und Kinder auf das Fahrzeug nicht zu rennen, sondern sich im Umfeld spielerisch aufhalten (Nilgens 2005).

### 3.4 Systemauswahl

Unfallereignisse werden durch menschliches oder technisches Versagen ausgelöst und können meist auf eine Vielzahl von Faktoren zurückgeführt werden. Erwachsene können zu einer sicheren Umwelt für Kinder mittels erzieherischer Anleitung und Aufsicht beitragen. Unter den gegenwärtigen bäuerlichen Produktionsbedingungen ist dies aber nicht mehr ausreichend. Es ist neben dem vorsichtigen Handeln auch das sichere Erkennen im Umfeld von landwirtschaftlichen Fahrzeugen mit technischen Hilfsmitteln nötig.

Das sichere, unmittelbare Wahrnehmen von Personen im Gefahrenumfeld wäre mit optischen, Infrarot- und elektronischen Technologien möglich, die aber einen hohen technischen und finanziellen Aufwand verursachen. Am Markt kostengünstig verfügbare Produkte zur Erfassung des Fahrzeugumfeldes sind Kamera mit Monitor, Rückfahrwarnsysteme sowie Einparkhilfen

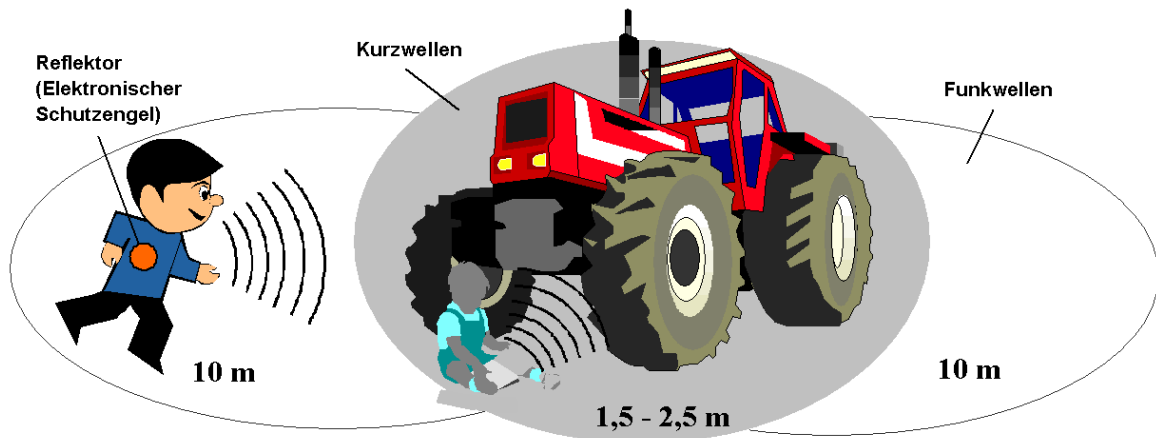


Abb. 3: Erfassungszonen um eine landwirtschaftliche Maschine und das Kind

mit Ultraschallsensoren, die einen erheblichen Verbrauchsaufwand verursachen. Im allgemeinen sind sie aber nur auf den rückwärtigen Bereich ausgerichtet. Sie werden daher nur auf wenigen ausgewählten Geräten, unübersichtlichen Anhängern und Selbstfahrern montiert. Bei den typischen Gefahren im seitlichen und vorderen Tätigkeitsbereich der Traktoren sowie mitgeführten Maschinen und Geräten versagen diese Verfahren, es wird trotz höchster Gefahr kein Warnsignal abgegeben oder Bild angezeigt.

Der alternative Lösungsansatz für das zuverlässige Erkennen im Umfeld von Fahrzeugen ist die indirekte Erkennung über Signalgeber, in Form von Transpondern, die von Personen getragen werden. Zur Detektion von Personen in den Fernzonen der Fahrtrichtungen, über größere Distanzen (3-10 m), eignen sich kooperative Radarwellentransponder und für die Nahzone von Fahrzeugen die Identifikation durch Kopplung im elektrischen Nahfeld (Abb. 3, graue Zone).

Im Gegensatz zur mittlerweile häufig eingesetzten magnetischen Nahfeldkommunikation wurde bereits vor einigen Jahren das Prinzip der elektrischen Nahfeldkommunikation im medizinischen Bereich entwickelt. Dieser Ansatz verwendet die Kopplung und Weiterleitung von elektrischen Nahfeldern. Das Funktionsprinzip beruht darauf, dass jeder elektrische Leiter (Metall) ein Streufeld gegenüber der Erde erzeugt. Auch der menschliche Körper baut ein schwaches Streufeld auf, das genutzt werden kann, um die gegenseitige Beeinflussung (Kopplung) zu erreichen. Beim Berühren der Streufelder von Mensch und Maschine kann die gegenseitige Beeinflussung detektiert werden und es wird eine Kommunikation möglich. Mit dem Tragen eines elektronischen Signalgebers (Transponder) am Körper wird die gegenseitige Beeinflussung gezielt erfasst. Es gibt keine „toten“ Bereiche, da die Aura alle Winkel am Traktor sowie an mitgeführten Maschinen erfüllt. Im Feldtest mit einem Demonstrator (Abb. 4) am Steyr 8090 Turbo mit Anhänger erfolgte die Detektion im gesamten Nahfeld über eine Distanz von bis zu 3 Metern.

Für die Vorwärtsbewegung der Maschine reicht die Erkennungsdistanz von bis zu 3 Metern nicht aus, so dass eine zweite Technologie mit größeren Reichweiten zum Einsatz kommen muss, die aus der Radartechnik bekannt ist. Diese neue kostengünstige Radartechnik ermöglicht die Bewegungserfassung über Entfernungen bis zu 10 Metern und empfängt gleichzeitig die Signale eines speziellen Transponders. Das angewendete Prinzip des „Back Scattering“ basiert auf dem Empfang von reflektierten Signalen der Transponder. Bei dieser Reflexion wird auf das ankommende UHF-Trägersignal ein niederfrequentes, beispielsweise digitales Signal aufgesetzt und zurück zur Lesestation gespielt. Beim Empfang dieses Signals stellt

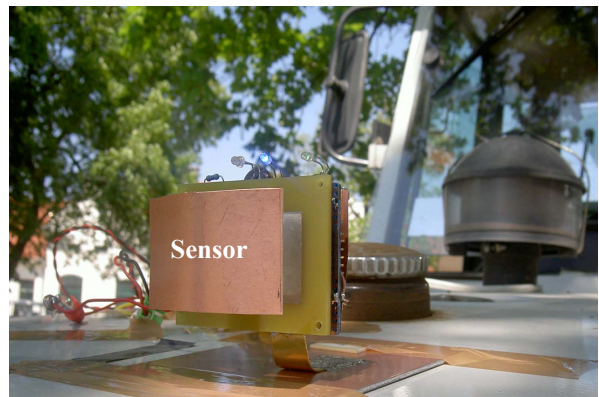


Abb. 4: Demonstratoren: Sensor mit Alarmeinheit (oben) und Transponder (unten)

die Lesestation die Position, die relative Geschwindigkeit und relative Bewegungsrichtung des zu beobachtenden Objektes fest. Im Demonstratorfeldtest mit dem zuvor genannten Gespann konnte eine Detektion über eine Entfernung von bis zu 6 Metern in Fahrtrichtung und eine ellipsenförmige Ausbreitung nachgewiesen werden. Ein Verbessern der Reichweite ist technisch auf 10 Meter möglich. Den Übertragungslücken, die dabei auftreten, ist durch die Wahl der Antennentechnik und der Positionierung der Sensoren zu begegnen. Eine 100 %ige Detektion im Fernfeld wäre technisch mit rotierenden Systemen möglich. Sie ist allerdings kostspieliger und gegenüber Umgebungseinflüssen störungsanfälliger, denn auch in unproblematischen Situationen wird das Alarmsignal über größere Distanzen im Hofumfeld ausgelöst, was die Aufmerksamkeit des Fahrers beeinträchtigt. (Finkenzeller 2002). Daher ist diese Technik für den landwirtschaftlichen Bereich weniger geeignet.

Aus der Sicht der Erwachsenen und im Lichte der Medienberichterstattung zu Mobiltelefonen und Elektromasten sollten Kinder keine aktiven Sender tragen. Der alternative Lösungsweg ist eine schlummernde Kennungsmarke, die sich nur kurzzeitig aktiviert und im Empfangsbereich des Radarsensors dessen Strahlung gezielt mit einem ausgeprägten Muster reflektiert, ähnlich einem Spiegel. Mit dem Empfang des dekodierten Alarmsignals kann die optische und akustische Warnung des Fahrers erfolgen. Es ist vorstellbar, dass dieses bei neuen landwirtschaftlichen Fahrzeugen über einen internen Bus, CAN oder ähnliche Systeme in das Bordnetz der Maschine eingespeist wird.

Beim Aufenthalt von mehreren Kindern im Umfeld des Fahrzeuges besteht die Notwendigkeit des gleichzeitigen Erfassens von mehreren unterschiedlichen Transpondern. Für den ständigen, gut beaufsichtigten Aufenthalt von Kindern im unmittelbaren Umfeld von landwirtschaftlichen Fahrzeugen sollte das Sicherheitssystem inaktiviert werden können. Für diese Situation ist eine reine mechanische Deaktivierung über

einen Schalter oder eine automatische Erkennung über Nah- und Fernfeld möglich.

Angesichts des hohen weltweiten Traktorenbestands besteht ein enormer Nachrüst- und Umrüstbedarf, so dass eine Verkabelung der Sensoren mit der Alarmeinheit nicht sinnvoll ist. Die Übertragung der Daten von den Sensoren zur Alarmeinheit ist über das elektromagnetische Nahfeld drahtlos möglich, ohne dass die Funktion der Sensoren beeinträchtigt wird (Janus et al. 2005).

### 3.5 Systemaufbau und -funktion

Die Kommunikationselemente, die zur Detektion von Personen benötigt werden, sind Transponder, Sensor und Alarmeinheit wie aus Abb. 5 hervorgeht. Der Transponder, die so genannte Erkennungsmarke, wird von Kindern getragen und dient der Anwesenheitskontrolle durch elektronische Identifikation. Dieser tritt mit den Sensoren der Maschine in Wechselwirkung und wird in der UHF-Fernzone und der HF-Nahzone von diesen entdeckt, ausgelesen und als einer bestimmten Person zugehörig erkannt. Die Sensoren arbeiten mit einer Frequenz von 2,45 GHz und die Alarmeinheit sowie der Transponder mit 13,45 MHz. Die Datenkollision, die bei der Erfassung von mehreren Transpondern, also mehreren Kindern im Gefahrenumfeld vorliegt, kann durch Anwendung von Zeitmultiplex-Verfahren verhindert werden. Mit dieser Identifizierung erfolgt auch die Ausgabe des Alarmsignals über den innermaschinellen Kommunikationsweg an die Alarmeinheit.

Die Nah- und Fernfeldsensoren müssen auf der Maschine so installiert werden, dass diese die Nah- und Fernfeldzone, die dem Gefahrenfeld der landwirtschaftlichen Fahrzeuge sowie mitgeführten Geräte entsprechen, bestmöglich überwachen. Die Einheit kann modular aufgebaut werden. Die Module bestehen aus einem HF-Empfänger für den Empfang von Signalen im elektrischen Nahfeld und den Doppelpolar, der diese auf "Back Scattering" oder Rückstrah-

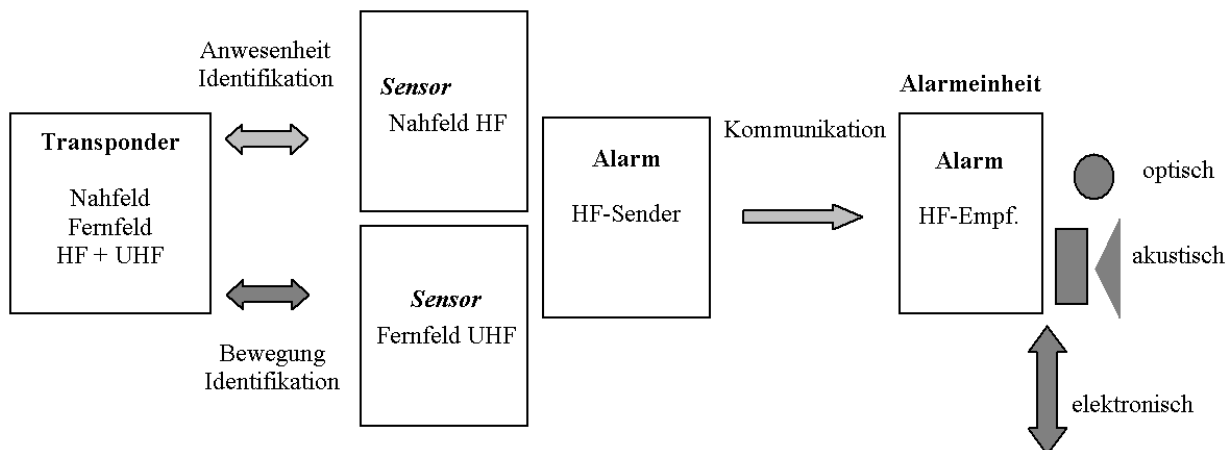


Abb. 5: Bauelemente des Fahrerassistenzsystems LISA (Life Saver)

lungsbasis empfängt. Bei der Entwicklung des Systems muss darauf geachtet werden, dass sich die gewählten Technologien gegenseitig nicht nachteilig beeinflussen. Die Übertragung der Alarmsignale erfolgt über einen HF-Sender und die Decodierung über einen Mikrokontroller. Die Strahlenintensität im Bereich der UHF-Antennen kann dem international zugelassenen Gesundheitsstandard entsprechen und wird höchstens  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  betragen. Bei dem vorliegenden geringen Energiebedarf aus dem elektromagnetischen Nahfeld von LISA sind ebenso keine Nachteile für den kindlichen Körper zu erwarten.

Die Alarmeinheit empfängt das Warnsignal über einen HF-Empfänger und führt die Decodierung ebenso über einen Mikrokontroller zur Ausgabe des Alarmbefehls an die optischen und akustischen Signalgeber oder wahlweise an eine elektronische Schnittstelle des Bordnetzes durch. Der akustische Signalgeber sollte eine Lautstärke von 100 dB haben, um die Geräusche in der Kabine zu übertönen und die Wahrnehmung zu gewährleisten. Als optischer Signalgeber könnte ein gelbes Blinklicht vorgesehen werden. Die Versorgung der Alarmeinheit ist über das Bordnetz möglich. Mit der Inbetriebnahme des Fahrzeuges, der Zündung, wird die Aktivierung des Fahrerassistenzsystems sowie eine Funktionskontrolle sichergestellt, um Kinder auch in den nicht einsehbaren Zonen, in versteckten Positionen, erfassen zu können (Janus et al. 2005).

#### 4 Ausblick

Präventive Maßnahmen wie vorhandene technische Systeme sowie das Gestalten einer kindergerechten Arbeits- und Lebensumgebung sind im Fahrzeugumfeld bisher nur begrenzt anwendbar. Bei weltweit etwa 30 Millionen Fahrzeugen in der Landwirtschaft besteht hier aber dringender Handlungsbedarf.

Bei den üblichen, vorwärtsgerichteten Fahrgeschwindigkeiten von landwirtschaftlichen Fahrzeugen ist für den *worst case* ein Mindestabstand von 8 Metern zwischen Fahrzeug und Kind einzuhalten, um einen kollisionsfreien Stillstand zu gewährleisten.

Verbesserungen werden durch eine technologische Lösung, der Kombination von passiven Mikrowellentranspondern und elektromagnetischer Nahfeldkommunikation erwartet. Dies garantiert eine lückenlose Erfassung der Nahfeldzone um den Fahrzeugbereich sowie eine Detektion im Fernfeld der Fahrtrichtung. Kommunikationselemente, die zur Detektion benötigt werden, sind Transponder, Sensor- und Alarmeinheit. Vorteil bei der vorgeschlagenen Lösung ist das völlige Wegfallen aller nachteiligen Verkabelungen der bisherigen Systeme. Der Energieverbrauch ist sehr gering und die Belastung durch elektromagnetische Strahlung bleibt unterhalb der natürlichen Hintergrundbelastung.

Die Vereinigung beider Technologien in wenigen Bauteilen, ebenso wie das Verbessern der Reichweite ist die besondere Herausforderung bei der Entwicklung eines neuen Fahrerassistenzsystems, das in beliebiger geometrischer Lage eine zuverlässige Schutzfunktion für Kinder garantieren soll.

Das System bedarf weiterer Erprobung unter realen Verhältnissen, die kleinräumige Strukturen, jahreszeitliche Klimaschwankungen, Betriebstyp und die eingesetzte Verfahrensweise berücksichtigen. Mit der benutzerfreundlichen und kostengünstigen Weiterentwicklung des vorgestellten Fahrerassistenzsystems verfolgt die gemeinnützige Arbeitsgemeinschaft ZENO der Universität für Bodenkultur Wien das Ziel alle Erfordernisse für eine Serienentwicklung zu erfüllen.

#### Literaturverzeichnis

- Allinger F. (2003): Technische Mindestanforderung an ein Kindersicherheitssystem. Manuskript der Berufsgenossenschaft Landshut.
- Allinger F. (2005): Mündliche Mitteilung Berufsgenossenschaft Landshut.
- Auernhammer H., Schön H., Wätjen H.R. (1977a): Ein methodischer Versuch zur Ermittlung der Sichtverhältnisse an Ackerschleppern. Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch, Sonderheft 2 (54), 115-121.
- Auernhammer H., Schön H., Wätjen H.R. (1977b): Eine Methode zur Ermittlung der Sichtverhältnisse an Ackerschleppern. Landtechnik 12, 497-500.
- Australian Government Department of Health and Ageing (2004): Get Going! Moving Kids Safely on Farms, p. 3-4. [www.farmsafe.org.au/news.php?PHPSESSID=786b7b470c669bc681f7638f2a64b478](http://www.farmsafe.org.au/news.php?PHPSESSID=786b7b470c669bc681f7638f2a64b478). Abruf 10.06.2005.
- Austria Presse Agentur, APA (2004): Ergebnisse der Unfallrecherche über den Zeitraum von 1994 bis 2004, Wien.
- Bastien J.G., Heglund N.C., Schepens B. (2003): The double contact phase in walking children. The Journal of Experimental Biology 206 (17), 2967-2978.
- Club of Rome (2000): CIGA Commissione Internazionale Ingegneria Agraria. First Latin American Meeting in Fortaleza (Brazil). Arte della Stampa, Via P. S. Mancini, Roma.
- DLZ (2005): Traktoren 2005. dlz-agrarmagazin, Sonderheft, 60-95.
- EWG (1974): Richtlinie 74/347/EWG des Rates vom 25. Juni 1974 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten betreffend das Sichtfeld und die Scheibenwischer von land- und forstwirtschaftlichen Zugmaschinen auf Rädern.
- EWG (1977): Richtlinie 77/649/EWG des Rates vom 27. September 1977 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über das Sichtfeld der Fahrer von Kraftfahrzeugen.
- Finkenzeller K. (2002): RFID-Handbuch. Grundlagen und praktische Anwendungen induktiver Funkanlagen, Transponder und kontaktloser Chipkarten. Carl Hanser Verlag, München.

- Furian G., Gruber M., Spiess J. (2002): Kinderunfälle im bäuerlichen Bereich. Sozialversicherungsanstalt der Bauern, Wien.
- Graham L. (1999): Safe Farm. Health & Safety 2, 2-3.
- Green M. (2000): How Long Does It Take To Stop? Methodological Analysis of Driver Perception-Brake Times, Transportation Human Factors 2, 195-216.
- Illedits-Lohr K., Illedits A. (2004): Verkehrsrecht-Kodex des österreichischen Rechts. Verlag ARD ORAC GmbH & CoKG, Wien, 11 pp.
- ISO (1989): Tractors for agriculture – Operator's field of vision. International Standard ISO 5721:1989 (E), p. 5.
- Janus K., Allinger F., Quendler E., Boxberger J., Pohl A., Veith P., Kerbl A., Beranek E., Kormann G. (2005): Lastenheft zum Kindersicherheitssystem LISA, p. 1-14.
- Kraftfahrt-Bundesamt (2004a): Statistische Mitteilungen, Reihe 2: Fahrzeugzulassungen, Bestand an Kraftfahrzeugen und Fahrzeuganhängern am 1. Januar 2004, 356.
- Kraftfahrt-Bundesamt (2004b): Statistische Mitteilungen, Reihe 3: Fahrzeugbestand, Neuzulassungen, Besitzumschreibungen, Löschungen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern im Jahr 2003, 356.
- Leindl A. (2003): Einfluss der Umfeldbedingungen auf die Verkehrssicherheit von Kindern in Wien. Universität für Bodenkultur, Wien, Diplomarbeit, 33 pp.
- Luoma T. (2004): Kinder von heute – Die Aktiven von Morgen in der Landwirtschaft. Internationales Kolloquium vom 31. August bis 2. September 2004, Prävention in der Land- und Forstwirtschaft, Helsinki. [http://www.mela.fi/tt\\_issa/ISSAde/deutsch%20kinder%20Luoma.pdf](http://www.mela.fi/tt_issa/ISSAde/deutsch%20kinder%20Luoma.pdf), Abruf 08.08.2005, p. 1-4.
- Maldonado L. (2003): Farm Kids At Greater Risk of Unintentional Injury than City Kids. Colorado Department of Public Health and Environment. [www.cdphe.state.co.us/release/2003/042303b.html](http://www.cdphe.state.co.us/release/2003/042303b.html), Abruf 08.06.2005.
- Mohr F. (2005): Bürgerliches Recht – Kodex des österreichischen Rechts. Verlag Orac, Wien, p. 25-27.
- Nilgens V. (2005): Internetratgeber, Berechnung des Bremsweges. <http://www.internetratgeber-recht.de/Verkehrsrecht/frameset.htm?http://www.internetratgeber-recht.de/Verkehrsrecht/Rechner/rechner-bremsweg.htm>, Abruf 13.03.2006.
- N.N. (2005): Mittel- und Anhaltswerte von Fußgängergeschwindigkeiten (Messungen von Eberhard und Himbert und anderen Autoren). [http://www.unfallforensik.de/body\\_nm-bewegungsgeschw\\_.html](http://www.unfallforensik.de/body_nm-bewegungsgeschw_.html). Abruf 15.03.2006.
- Pöschl G. (2004): Traktorenbestand und Neuzulassungen 1999-2004. Bundesanstalt Statistik Österreich, Wien.
- Profi (2005): Zulassungen von Traktoren 2003 (Stückzahlen und Leistungen). Magazin für Agrartechnik. <http://house.profi.com/local/deutsch/indexmag.jsp>, Abruf 19.01.2005.
- Reinken L., Stolley H., Droese W. (1980): Monatsschrift Kinderheilkunde 128, 662-667.
- Schepens B., Willems P.A., Cavagna G.A. (1998): The mechanics of running in children. The Journal of Physiology 509 (3), 927-940.
- Walters M. (2004): Child Safety in Agriculture. Presentation in Finland. Health and Safety Executive.

## Danksagung

Die Arbeiten erfolgten in Zusammenarbeit mit Programm- und Systementwicklung der Siemens Austria AG, Identconsulting, Johannes Kepler Universität Linz, John Deere Deutschland, Alois Pöttinger GmbH und Raiffeisen Ware Austria.

Die Arbeitsgemeinschaft ZENO der Universität Wien bedankt sich für die Förderung der Programmlinie „I2 – Intelligente Infrastruktur“ durch das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) und die finanzielle Unterstützung durch die Sozialversicherungsanstalt der Bauern, die Berufsgenossenschaft Landshut, sowie für Spenden von Landwirten, Fachzeitschriften und der Landmaschinenindustrie.