



**Hochschule  
Bonn-Rhein-Sieg**

*University  
of Applied Sciences*

# **Lernfähiges, berührungsloses Infrarot- Sensorsystem für Schutzeinrichtungen an Sägen (LBIS)**

## **Abschlussbericht**

Stand 20.01.2012

von Oliver Schwaneberg, Holger Steiner  
und Norbert Jung

Laufzeit: März 2009 bis Dezember 2011

# 1 Kurzdarstellung

## 1.1 Deutsche Fassung

Das Projekt „Lernfähiges, berührungsloses Infrarot-Sensorsystem für Schutzeinrichtungen an Sägen“ (LBIS) befasste sich mit der Konzeption, Entwicklung und praktischen Erprobung einer Sensortechnologie, welche eine schnelle, sichere und berührungslose Erkennung von Händen an Sägen (und anderen handbeschickten Maschinen) ermöglicht. Eine solche Technologie kann erheblich zur Unfallvermeidung an vielen unfallträchtigen Maschinen beitragen. So können die Arbeitsbedingungen vieler Menschen verbessert und gleichzeitig die Kosten für medizinische Behandlungen und Unfallrenten bei der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung reduziert werden. Der Fokus des Projekts lag auf den Anwendungsbeispielen der Knochenbandsäge und Baustellenkreissäge.

Die Idee zu dieser Sensortechnologie entstand bereits im Vorfeld des LBIS-Projekts. Entsprechende Schutzrechte wurden gemeinsam vom IFA und der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg angemeldet (Patent EP2054193 / EP2193878). Hierbei handelt es sich um einen optoelektronischen Sensor, welcher mittels LEDs kurze Tastpulse aussendet und das reflektierte Licht mit Hilfe von Fotodioden erfasst. Dabei werden LEDs mit unterschiedlichen Spektralbändern verwendet, um eine Multispektralabstastung zu erreichen.

Zur Konzeption gehörte eine umfassende Messkampagne zu Beginn des Projekts, bei der spektroskopische Messungen im nahinfrarot- und sichtbaren Spektralbereich an 329 Personen durchgeführt wurden. Zudem wurden typische Werkstücke vermessen, darunter 76 Holz- und 20 Fleischproben.

Die erhobenen Daten wurden mittels einer hierfür entwickelten Data-Mining-Software ausgewertet und die bestmögliche Kombination von Wellenlängen im Nahinfrarotspektrum ausgewählt, um möglichst gute Ergebnisse für alle relevanten Anwendungsgebiete zu erzielen. Hierbei ist zu beachten, dass die in Frage kommenden Wellenlängenbänder auf die am Markt verfügbaren LEDs beschränkt waren, da die Entwicklung kundenspezifischer LEDs den Kostenrahmen des Projekts bei weitem überschritten hätte.

In der Konstruktionsphase wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Jenoptik ein Konzept zum optischen Aufbau der Sende- und Empfangseinheit erarbeitet. Die Optoelektronik und Mechanik wurde anschließend ebenfalls von der Firma Jenoptik gefertigt. Die Entwicklung der übrigen Elektronik und Software wurde vollständig von den Projektmitarbeitern der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg durchgeführt.

Es wurden Verfahren zur Kalibrierung und Akquise von Lerndaten entwickelt, um die erstellten Funktionsmuster in Betrieb nehmen zu können. Ein motorisiertes Linearpositionierungssystem wurde verwendet, um eine Vielzahl von Proben aus allen relevanten Abständen unter definierten Bedingungen vermessen zu können.

Abschließend wurden Tests unter praxisnahen Bedingungen an Metall- und Knochenbandsägen, sowie Baustellenkreissägen, durchgeführt. Die Ergebnisse des LBIS-Projekts können nun zur Entwicklung von Gebrauchsmustern genutzt werden. Hierzu bieten sich als Industriepartner beispielsweise die Firmen SIRMAN und AVOLA an, mit denen durch Vermittlung der beteiligten BGs im Rahmen des Projektes zusammen gearbeitet wurde.

## **1.2 English Version**

The goal of the project “*Adaptive, contact-free infrared sensor system for protective means at saws*” LBIS was the conceptual design, development and practical evaluation of a novel sensor technology which allows a fast, reliable and contact-free detection of hands at saws (and other manually-fed machinery). Such a technology could help to prevent a lot of accidents at such machines, which are generally prone to accidents. In consequence, the labor conditions of many people can be improved and costs for medical treatments and accident annuities for statutory accident insurance companies can be reduced. The research was focused on bone bandsaws and circular bench saws for construction sites.

The basic idea of the technology came up beforehand and patents have been applied by the IFA together with the Bonn-Rhine-Sieg University of Applied Sciences (EP2054193 / EP2193878). The technology consists of an optoelectronic sensor system which generates short strobe pulses of near-infrared radiation and receives any reflected radiation by the use of photodiodes. As the system uses LEDs of different peak-wavelengths, the system is able to perform a multispectral scan.

During the conceptual phase, a comprehensive measurement campaign was carried out in which 329 people were examined using spectrometers for the visible and near-infrared spectrum. Additionally, typical workpieces, including 76 samples of wood and 20 samples of meat, have been examined.

The acquired data was analyzed using a custom data-mining software in order to identify an ideal combination of wavebands for the targeted applications. It must be mentioned that the wavebands were chosen in consideration of the LEDs available on the market, as the development of custom LEDs would have exceeded the project's budget.

During the construction phase, a concept for the setup of the transmitter and receiver was developed together with the company Jenoptik. Optoelectronic and mechanic components have as well been crafted by Jenoptik. The entire development and implementation of embedded electronics and software was done at the Bonn-Rhine-Sieg University of Applied Sciences.

Methods for the calibration and acquisition of learning data were developed to put the functional models into operation. A motorized linear positioning unit was used to perform measurements of a number of objects from different, well-defined distances.

Finally, tests at band saws for metal and bones, as well as circular saws for construction sites were performed under realistic conditions. The results can now be used to develop sample devices. This could be done in cooperation with our industrial partners SIRMAN and AVOLA, which already were involved in the LBIS project.

## **2 Einführung**

### **2.1 Problemstellung**

Die hinreichende Absicherung handbeschickter Be- und Verarbeitungsmaschinen ist häufig sehr problematisch und praxisgerechte Lösungen sind bisher praktisch nicht vorhanden. Aktive Systeme (z.B. Lichtschranken) lassen sich an handbeschickten Maschinen nur sehr eingeschränkt oder gar nicht nutzen, da die Systeme nicht in der Lage sind, die Werkstücke von den Gliedmaßen des Benutzers zu unterscheiden.

Passive Schutzeinrichtungen (z.B. Schutzhauben) werden von den Anwendern häufig als störend wahrgenommen und werden daher oft manipuliert oder gänzlich entfernt.[1]

Durch die unzureichende Absicherung ist die Arbeit an vielen handbeschickten Maschinen überdurchschnittlich gefährlich, wie die Unfallstatistiken zeigen. So ereigneten sich alleine in den USA im Jahr 2001 64.651 meldepflichtige Unfälle an Tischkreissägen sowie 7.368 meldepflichtige Unfälle an Bandsägen. Die Gesamtkosten der medizinischen Behandlung beliefen sich dabei auf ca. 2 Milliarden US Dollar.[2]

Die BG Bau registrierte in den Jahren 2004, 2005 und 2006 insgesamt 3.523 meldepflichtige Unfälle an Kreissägemaschinen. Davon führten 121 Unfälle zu neuen Unfallrenten.

### **2.2 Forschungszweck**

Die Ziele des LBIS-Projekts sind die Weiterentwicklung und Evaluierung einer neuen Sensortechnologie, welche die Sicherheit an handbeschickten Maschinen erhöhen soll ohne die Verfügbarkeit der Maschinen nachteilig zu beeinträchtigen. Die Sensortechnologie erlaubt den Bau von Sensoreinheiten, welche eine schnelle, zuverlässige und berührungslose Erkennung von Händen im Gefahrenbereich einer Maschine leisten können. Bei einer positiven Erkennung wird ein Alarmsignal ausgelöst. Dieses kann z.B. zum Notstopp der Maschine genutzt werden, um einen drohenden Unfall abzuwenden.

Die konkrete Ausführung des Notstopps einer konkreten Maschine, z.B. durch aktive Bremsung oder Versenkung eines Sägeblatts, wird im Rahmen des Projekts nicht betrachtet. Ebenso wenig ist eine Produktentwicklung Gegenstand der Forschung.

## **3 Projektverlauf**

Im Folgenden werden die geplanten Arbeitspakete aufgelistet und erläutert. Die tatsächliche Umsetzung wird ebenfalls dargestellt.

### **3.1 Hautstudie**

#### **3.1.1 Planung**

Dieses Arbeitspaket beinhaltet die spektroskopische Vermessung einer statistisch relevanten Anzahl verschiedener Personen im sichtbaren und nahinfraroten Spektrum.

### **3.1.2 Umsetzung**

Die Hautstudie wurde planmäßig durchgeführt. Insgesamt wurden über eintausend Messungen an 449 Personen durchgeführt. Aufgrund eines Defekts unseres Nahinfrarotspektrometers wurden 120 Messungen mit einem Leihgerät des Herstellers (TQ Systems) durchgeführt. Das Leihgerät besaß einen erweiterten Spektralbereich und eine geringere Empfindlichkeit als das Gerät der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg. Bei späterer Analyse zeigte sich, dass die mit dem Leihgerät durchgeführten Messungen unbrauchbar sind, da die Empfindlichkeit des Geräts zu gering für den gewählten Messmodus ist. Folgerichtig wurde die Anzahl der erfassten Personen auf 329 korrigiert. Eine kleine Gruppe von fünf Personen wurde regelmäßig über einen Zeitraum von einem Jahr vermessen, um mögliche Veränderungen zu beobachten.

## ***3.2 Vermessung von Handschuhen und Sägewerkstoffen***

### **3.2.1 Planung**

Dieses Arbeitspaket beinhaltet die spektroskopische Vermessung einer Auswahl typischer Proben von Werkstücken (insb. Holz und Fleisch) und Handschuhen im sichtbaren und nahinfraroten Spektrum.

### **3.2.2 Umsetzung**

Es wurden 76 Holzstücke, 20 Fleischproben und 40 Handschuhe untersucht. Die erhobenen Daten wurden analysiert und für die Bestimmung bestmöglich geeigneter Spektralbänder verwendet.

## ***3.3 Lernalgorithmus***

### **3.3.1 Planung**

Die Planung sah eine Methode zur automatischen Adaption des Sensors auf neue Materialien vor. Insbesondere die Erkennung vormals unbekannter Handschuhe soll so erreicht werden. Zur Abgrenzung sei erwähnt, dass ein solcher Sensor nicht beliebige Materialien bzw. Objekte unterscheiden kann, da er auf das Vorhandensein ausgeprägter Unterschiede in den gewählten Spektralbändern angewiesen ist.

### **3.3.2 Umsetzung**

Es wurde ein Verfahren entwickelt, welches unter Verwendung mehrerer bekannter Lernalgorithmen (z.B. C4.5 Entscheidungsbäume und isotonische Regression) ein Material einlernt. Dieses Verfahren kann prinzipiell automatisiert auf einem eingebetteten System umgesetzt werden. Hierzu ist jedoch ein für derzeitige eingebettete Systeme vergleichsweise hoher Speicher- und Rechenaufwand erforderlich.

## ***3.4 Versuchseinrichtung***

### **3.4.1 Planung**

Unter diesem Arbeitspaket ist die Einrichtung eines Labors zum Durchführen von Testmessungen mit den Sensoreinheiten zu verstehen. Ziel ist die Erzeugung definierter Bedingungen, die zur Optimierung von Hard- und Software-Parametern unerlässlich ist.

### **3.4.2 Umsetzung**

Ein Laborraum wurde planmäßig eingerichtet. Zusätzlich zum eigentlichen Aufbau des Labors wurden erhebliche Anstrengungen bei der Erstellung von Software zur automatisierten Durchführung größerer Messreihen geleistet. Hintergrund ist, dass die vom Sensor erzeugten Daten erheblich komplexer sind als a priori eingeschätzt. So fallen durch die Integration von vier Fotodioden pro Messung 16 anstatt von 4 neuen Werten an. Entsprechend aufwändiger gestaltet sich die Datenverarbeitung.

## ***3.5 Erstellung eines Sicherheitskonzepts für Baustellenkreissägen***

### **3.5.1 Planung**

In diesem Arbeitspaket soll ein Konzept erstellt werden, wie die Sensortechnologie in Baustellenkreissägen integriert werden kann.

### **3.5.2 Umsetzung**

Im Dialog mit der Baufirma DÜX und dem Baustellenkreissägenhersteller AVOLA wurde ein entsprechendes Integrationskonzept erarbeitet. Die Firma AVOLA stellte dem LBIS-Projekt eine Säge zur Verfügung, welche als Proof-of-Concept umgerüstet wurde. Die Umrüstung beinhaltete die Integration eines hafterkennenden Tasters zur Aktivierung der Maschine sowie eines einzelnen Punktsensors in der Spitze der Schutzhaube. Durch den hafterkennenden Taster soll sichergestellt werden, dass der Benutzer keinen unzulässigen bzw. nicht detektierbaren Handschuh trägt.

## ***3.6 Aufbau eines Prototyps***

### **3.6.1 Planung**

Integration einer Sensoreinheit in eine Baustellenkreissäge.

### **3.6.2 Umsetzung**

Eine von der Firma AVOLA zur Verfügung gestellte Baustellenkreissäge wurde im Labor umgerüstet (siehe Abbildung 1). Die Maschine wurde mit einem Sensor in der Spitze der Schutzhaube und einem hafterkennenden Taster als Einschalter ausgerüstet. Die Säge wurde aus Sicherheitsgründen gemäß des für das Labor geltenden rechtlichen Rahmens nie eingeschaltet. Stattdessen wurde der Sägebetrieb simuliert.



Abbildung 1: Versuchsmaschine

### **3.7 Test des Prototyps für Baustellenkreissägen**

#### **3.7.1 Planung**

Dieses Arbeitspaket sieht die praktische Erprobung des Konzepts vor. Ein Feldtest unter Realbedingungen ist ausdrücklich erwünscht.

#### **3.7.2 Umsetzung**

Das Konzept wurde im Labor getestet. Feldtests waren leider nicht möglich, da sich herausstellte, dass die gefertigten Sensoreinheiten wegen der erforderlichen Kompromisse nicht optimal zur praxisnahen Integration an solchen Maschinen geeignet sind. Ein optimierter Sensor muss zuverlässig im Nahbereich (Abstände von 25 mm bis 100 mm) arbeiten und sehr kompakt sein. Zudem ist eine erhöhte Stoßfestigkeit und Wasserbeständigkeit wichtig. Diese Anforderungen sind aufgrund des flexiblen Designs der gefertigten Sensoreinheiten nicht erfüllbar. Zudem funktionieren die gefertigten Sensoren am besten bei Messabständen ab 100 mm. Die Auslegung der Optik auf größere Messabstände bis 1.000 mm (wie sie bei Knochenbandsägen erforderlich sind) führte zudem zu relativ großen Linsen und somit zu einer zu großen Bauform.

Die praxisnahe Erprobung der Sensortechnologie erfordert somit die Entwicklung eines weiteren, angepassten Systems. Dies konnte aus zeitlichen und finanziellen Gründen im Rahmen des LBIS-Projekts nicht zusätzlich geleistet werden.

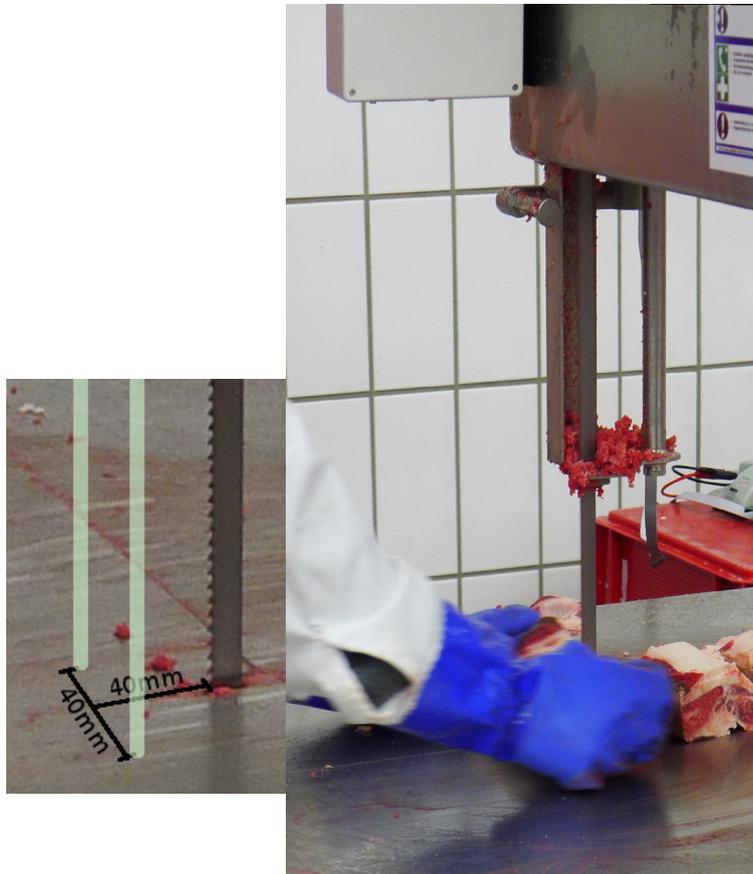
### **3.8 Erstellung eines Sicherheitskonzepts für Knochenbandsägen**

#### **3.8.1 Planung**

Analog zum Arbeitspaket 3.5 soll hier ein Konzept zur Integration der Sensortechnologie in Knochenbandsägen erstellt werden.

### 3.8.2 Umsetzung

Im Dialog mit dem Lebensmittelhersteller VION und dem Knochenbandsägenhersteller SIRMAN wurde ein entsprechendes Integrationskonzept erstellt. Auch in diesem Konzept ist ein hauterkennender Taster vorgesehen. Ein bis zwei Sensoreinheiten werden am Gehäuse der Maschine oberhalb des Sägeblatts angebracht. Die überwachten Strahlen liegen parallel zum offenen Teil des Sägeblatts (siehe Abbildung 2).



*Abbildung 2: Knochenbandsäge mit Sensoreinheit*

Problematisch ist dieses Konzept im Zusammenhang mit dem mechanischen Vorschub, da dieser potentiell die Gliedmaßen des Benutzers vor der Sensorik verdecken kann.

## 3.9 Aufbau eines Prototyps für Knochenbandsägen

### 3.9.1 Planung

Ausrüstung einer Knochenbandsäge mit Sensoreinheiten gemäß des Konzepts aus dem vorherigen Arbeitspaket.

### 3.9.2 Umsetzung

Die Sensorik wurde erstmals in der Werkstatt des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) an einer Knochenbandsäge angebracht und getestet. Später wurde eine weitere, produktiv betriebene Maschine der Firma VION temporär mit einer Sensoreinheit ausgerüstet.

### **3.10 Test des Prototyps für Knochenbandsägen**

#### **3.10.1 Planung**

Dieses Arbeitspaket sieht die praktische Erprobung des Konzepts vor. Ein Feldtest unter Realbedingungen ist ausdrücklich erwünscht.

#### **3.10.2 Umsetzung**

Das Konzept wurde im Labor und im praktischen Test erprobt. Die praktische Erprobung wurde bei der Firma VION durchgeführt. Die Maschine wurde nur provisorisch mit einer Sensoreinheit ausgerüstet, welche einen Punkt direkt vor dem Sägeblatt überwacht hat. Die Ergebnisse werden in Kapitel 4.2 dargestellt.

## **4 Ergebnisse**

### **4.1 Anwendungsfall Baustellenkreissäge**

Die Ergebnisse aus den Labormessungen bestätigen die Eignung der Sensortechnologie für diesen Einsatzzweck. Menschliche Haut lässt sich zuverlässig von allen typischen Werkstücken unterscheiden. Der schwierigste Fall besteht hier in der Unterscheidung zwischen Haut und nassem Holz, welches ähnliche spektrale Eigenschaften besitzt. Dennoch konnten auf allen ermittelten Daten absolut korrekte Zuweisungen durchgeführt werden.

Ein anderes Szenario ist die Verwendung von den auf Baustellen verbreiteten Nitrilhandschuhen. Diese besitzen kaum charakteristische spektrale Merkmale und sind daher nur schwer von z.B. beschichtetem Holz und anderen Kunststoffen zu unterscheiden. Gewisse Chancen ergeben sich z.B. dann, wenn ausschließlich mit schwarzen Nitrilhandschuhen gearbeitet wird. Diese reflektieren auch im gesamten Nahinfrarotspektrum sehr wenig Strahlung und unterscheiden sich allein dadurch von den meisten typischen Werkstücken, solange diese nicht selbst mit schwarzem Kunststoff überzogen sind.

Eine ebenfalls schwer zu beherrschende Situation tritt bei starker Verschmutzung von Händen, bzw. geeigneten Handschuhen auf. Solche Situationen, in denen die Unterscheidung von verschmutzten Werkstücken und verschmutzten Händen oder Handschuhen nicht mehr zuverlässig möglich ist, können auch durch den Sensor-Taster zum Einschalten der Maschine nicht vollständig ausgeschlossen werden. Hier ist eine entsprechende Einweisung der Bediener unabdingbar.

### **4.2 Anwendungsfall Knochenbandsäge**

Auf Basis der Labormessungen und der praxisnahen Erprobung hat sich gezeigt, dass das erstellte Sensorsystem eine zuverlässige Unterscheidung typischer Handschuhe von diversen Fleischsorten und dem Metalltisch der Säge erzielt. In der Fleischverarbeitung sind aus hygienischen Gründen und zum Schutz gegen Kälte gefütterte Gummihandschuhe weit verbreitet.

Problematisch dagegen ist die direkte Unterscheidung von Hautpartien des Bediener und dem zu verarbeitenden Fleisch. Der Sensor ist zwar prinzipiell in der Lage, jedes getestete Fleisch von menschlicher Haut zu unterscheiden, jedoch ist der Kontrast zwischen diesen beiden Gruppen naturgemäß äußerst gering. Ein geringer Kontrast führt in der Praxis

immer zu Fehlklassifikationen, da im praktischen Betrieb immer zusätzliche Messfehler durch Bewegung, ungünstige Messwinkel und dergleichen entstehen. Eine zuverlässige Unterscheidung wird unmöglich, wenn der Einfluss dieser Messfehler größer ist als der Kontrast bzw. der Unterschied zwischen den zu unterscheidenden Materialien.

Die aktuellen Erkenntnisse legen nahe, dass eine robuste Absicherung solcher Maschinen nur in Zusammenhang mit der Verwendung entsprechender Handschuhe erreicht werden kann.

## 5 Veröffentlichungen und Schutzrechte

### 5.1 Eigene Veröffentlichungen

Der entwickelte Sensor wurde auf der Konferenz Optical Sensors der Optical Society of America (OSA) mit dem Vortrag „*A Near-Infrared LED-based Material Classification Sensor System*“ vorgestellt. Hierzu existiert eine gleichnamige Veröffentlichung in der Datenbank der OSA:

<http://www.opticsinfobase.org/abstract.cfm?uri=Sensors-2011-SMD4>

Ein ausführliches Paper mit dem Titel „*Design of a LED-based sensor system to distinguish human skin from workpieces in safety applications*“ wurde für das OSA-Journal Applied Optics eingereicht. Dieses Paper wurde zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieses Berichts noch nicht veröffentlicht. Das Paper wurde von allen Gutachtern akzeptiert und wird voraussichtlich in der Maiausgabe des Journals erscheinen.

Weitere Veröffentlichungen zur Messkampagne und dem Signalverarbeitungsteil des Sensorssystems sind geplant.

### 5.2 Eigene Schutzrechte: EP2054193 / EP2193878 – A MANUALLY FED MACHINE FOR WORKING ON MATERIALS, OBJECTS AND THE LIKE, AND PROTECTIVE MEANS FOR SUCH A MACHINE

Prioritätsdatum: 15.12.2006

Dieses Patent wurde gemeinsam durch die Hochschule Bonn-Rhein-Sieg und die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung angemeldet. Es schützt die Anwendung der im Rahmen des LBIS-Projekts weiterentwickelten Sensortechnologie zur Absicherung handbeschickter Maschinen.

Der Hauptanspruch gilt dabei einem optischen Sensorsystem, welche schmalbandig (höchstens 200 nm Halbwertbreite) in mindestens zwei Spektralbändern sendet und breitbandig empfängt. Dabei liegen die verwendeten Spektralbänder zwischen 400 nm und 1500 nm, wobei mindestens ein Spektralband aus dem Bereich zwischen 900 nm und 1500 nm genutzt wird.

Der im Rahmen des LBIS-Projekts entwickelte Sensor verwendet vier Spektralbänder (830 nm, 1060 nm, 1300 nm und 1550 nm) und ist somit durch das Patent geschützt.

### 5.3 Schutzrechte Dritter

#### 5.3.1 Patent EP 1 952 302 A0 – SKIN DETECTION SENSOR

Prioritätsdatum: 31.10.2005

Das Patent beschreibt ein Gerät, welches menschliche Haut durch Messungen in den Spektralbändern 800 nm bis 1.400nm und 1.400nm bis 2.200 nm erkennen soll. Das

Patent war Teil einer Entgeghaltung des europäischen Patentamts zur Patentanmeldung des IFA und der Hochschule. Mit Hinweis auf die vergleichsweise breiten Spektralbänder von 600 nm und 800 nm konnte eine Abgrenzung erzielt werden. Bei unserem Patent wird explizit die Verwendung schmalbandiger Spektralbänder von höchstens 200 nm Halbwertbreite definiert. Das entscheidende Argument ist, dass das genannte Zweibandverfahren nicht in der Lage ist, z.B. nasses Holz von menschlicher Haut zu unterscheiden, da die nötige Präzision nicht erreicht werden kann.

### **5.3.2 Patent 4,500,784 - AUTOMATIC HUMAN BODY DETECTOR**

Prioritätsdatum: 29.09.1982

Dieses Patent schlägt die breitbandige Bestrahlung des Messbereichs und schmalbandige Messungen in drei Spektralbändern vor. Somit ist das Detektionsprinzip umgekehrt zu unserem Patent, welches schmalbandige, gepulste Beleuchtung vorsieht. Der Vorteil unseres Patents liegt in der geringeren Störanfälligkeit gegenüber Umgebungslicht, welches bei gepulsten Messungen gezielt ausgefiltert werden kann. Zudem ist die im Patent beschriebene Datenauswertung auf absolute Schwellwerte in den jeweiligen Bändern beschränkt. Unser Patent definiert Quotienten aus den Amplituden der einzelnen Spektralbänder als Detektionsgrundlage. Dies hat den Vorteil, dass die Erkennung weniger anfällig gegenüber Helligkeitsänderungen wird, die durch Änderungen des Messwinkels und -abstands leicht auftreten können.

### **5.3.3 Patent US2006/0101960 A1 - OPTICAL PROXIMITY DEVICE FOR POWER TOOLS**

Prioritätsdatum: 10.05.2004

Dieses Patent beschreibt die Absicherung einer Kreissäge mittels eines Sensors, der über dem Sägeblatt angebracht ist und den gesamten Gefahrenbereich überwacht. Das Patent umschreibt die Funktionsweise des Sensors nur sehr unscharf und allgemein. Es wird zwar u.A. Nahinfrarotstrahlung als physikalische Detektionsgrundlage erwähnt, allerdings ohne jedes weitere Detail.

### **5.3.4 Patent US2004/0167502 A1 - OPTICAL SENSOR AND METHOD FOR IDENTIFYING THE PRESENCE OF SKIN**

Prioritätsdatum: 25.02.2004

Dieses Patent beschreibt eine Dose, welche in fünf Spektralbändern das Vorhandensein menschlicher Haut feststellen soll. Vier der fünf Spektralbänder sind dabei im sichtbaren Spektralbereich und nur ein Band ist im unteren Nahinfrarotbereich. Das System arbeitet nur bei direktem Hautkontakt und somit nicht berührungslos. Zudem haben wir nachweisen können, dass dieser Sensor nicht in der Lage sein kann, eine dunkelhäutige Person von bestimmten Holzsorten zu unterscheiden.

## 6 Fazit

Abschließend kann festgestellt werden, dass die untersuchte Sensortechnologie eine gute Eignung für viele Anwendungsszenarien im Feld handbeschickter Maschinen besitzt. Einige Fälle, wie die Unterscheidung von menschlicher und tierischer Haut, sind jedoch mit dem gewählten Verfahren grundsätzlich schwer unterscheidbar.

Viele übliche Anwendungsszenarien, wie die Unterscheidung zwischen menschlicher Haut und Holz, Kunststoff sowie Metall oder zwischen Gummihandschuhen und tierischen Produkten, können jedoch zufriedenstellend abgedeckt werden.

Dabei sind Messdistanzen von wenigen Zentimetern bis hin zu einem Meter möglich. In jedem Fall muss die Konstruktion des Sensors den Anforderungen der jeweiligen Anwendung bzw. Maschine angepasst werden. Mehrere Spezialisierungen zu realisieren konnte im Rahmen des Budgets des LBIS-Projekts nicht geleistet werden. Dennoch konnten die erstellten Funktionsmuster auf einem breiten Anwendungsfeld überzeugen.

## 7 Ausblick

Nachdem die grundsätzliche Leistungsfähigkeit gezeigt werden konnte, können nun weitere Schritte in Richtung Produktentwicklung eingeleitet werden. Mit den Firmen AVOLA und SIRMAN existieren zwei Kontakte geeigneter Industriepartner, um ein solches Vorhaben voran zu bringen. Innerhalb des Jahres 2012 könnten angepasste, verbesserte Sensoreinheit für beide Maschinengattungen erstellt und erprobt werden.

Es bleibt zu hoffen, dass die geleisteten Anstrengungen zu einem spürbaren Rückgang meldepflichtiger Arbeitsunfälle an derartigen Maschinen in diesem Jahrzehnt führen werden.

### Literaturverzeichnis

1: Ralf Apfeld, Michael Huelke, Kai Lüken, Michael Schaefer, et.al., Manipulation von Schutzeinrichtungen an Maschinen, 2006

2: Natalie Marcy, George Rutherford und Alberta Mills, Hazard Screening Report, Power Tools and Workshop Equipment, 2003