

Schlussbericht

der Forschungsstelle

Nr. 1, IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH

zu dem über die



im Rahmen des Programms zur
Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF)

vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

geförderten Vorhaben **17134**

Auto-ID mit sichtbarem Licht in der Intralogistik

(Bewilligungszeitraum: 01.05.2011-30.04.2013)

der AiF-Forschungsvereinigung

Intralogistik

Hannover, 31.05.2013

Ort, Datum

Dipl.-Inf. Sven Heißmeyer

Name und Unterschrift des/der Projektleiter(s)
an der/den Forschungsstelle(n)

1. Zusammenfassung

Das Ziel des Projekts war die Entwicklung eines automatischen und manuellen Identifikationsverfahrens für logistische Anwendungen auf Basis von sichtbarem Licht. Untersuchungsgegenstand war die Fragestellung, inwiefern sich automatische und manuelle Identifikationsprozesse in der Intralogistik durch die Verwendung von sichtbarem Licht verbessern lassen.

Zur Untersuchung des neuartigen Identifikationsverfahrens wurde ein Demonstrator umgesetzt, der die Funktionalität bestehender Identifikationssysteme vorteilhaft und innovativ kombiniert. Das Identifikationssystem ist in Abbildung 1 gezeigt und verwendet ausschließlich sichtbares Licht zur Datenübertragung und bietet eine für Maschinen und Personen lesbare Anzeige direkt auf dem Informationsträger. Im Vergleich zur funkbasierten Datenübertragung bietet die Verwendung von sichtbarem Licht eine höhere Unempfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Störungen. Der Vorteil gegenüber bestehenden optischen Kennzeichnungstechnologien besteht in der Wiederbeschreibbarkeit des Informationsträgers. Gleichzeitig kann eine bereits vorhandene Infrastruktur in Form von Lesegeräten oder Beleuchtungseinrichtungen weiter genutzt werden.

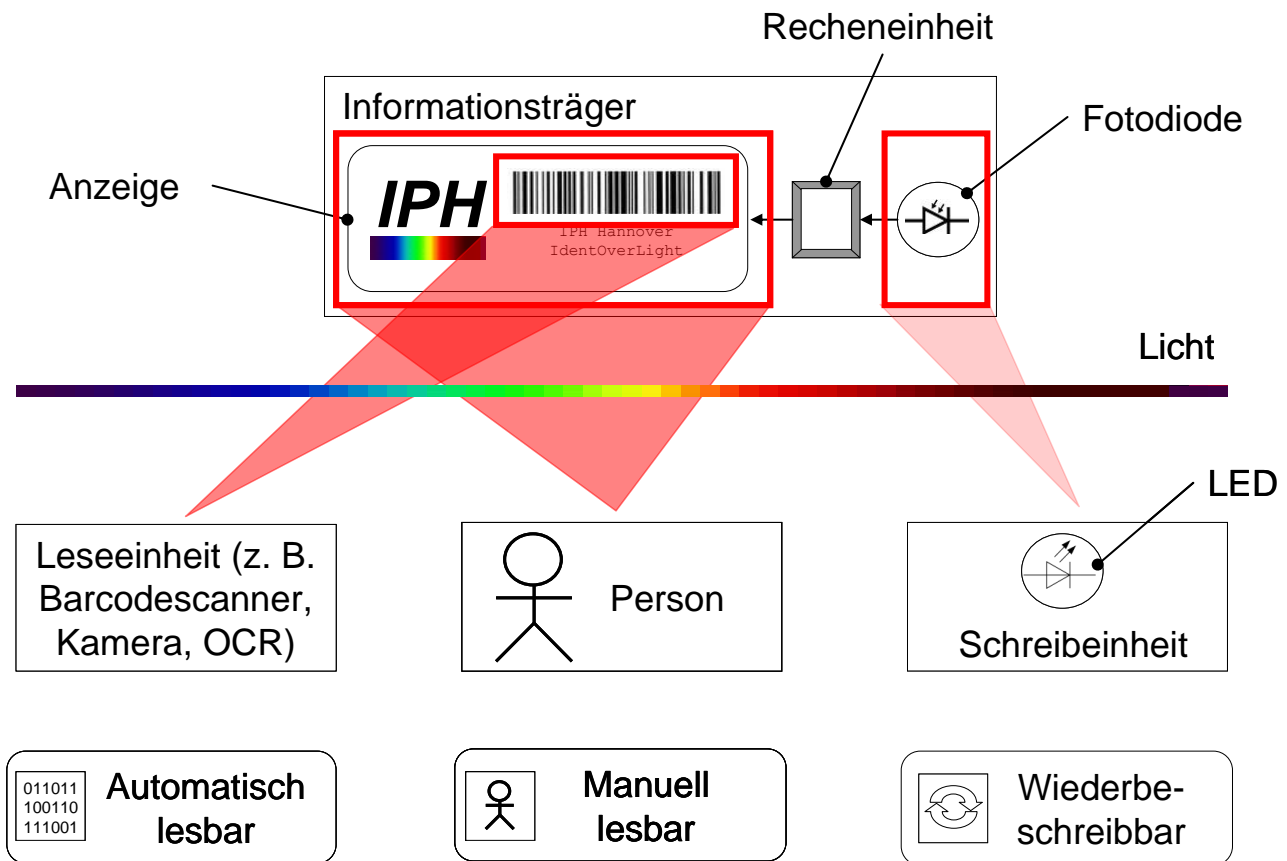


Abbildung 1: Darstellung des Identifikationssystems

Anhand des aufgebauten Demonstrators wurde die Funktionalität des Identifikationssystems nachgewiesen. So lassen sich die in der Anzeige dargestellten Informationen mittels einer Schreibeinheit verändern und durch Klartext sowie eine 2D-Barcodeanzeige auslesen. Die mit dem Demonstrator erzielbare Schreib-/Lesereichweite beträgt ca. 20 cm. Anwendungsfälle für das Identifikationssystem liegen in der Kennzeichnung von hochwertigen Behältern und Lagerplätzen.

Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.

2. Wissenschaftlich-technischer und wirtschaftlicher Nutzen der erzielten Ergebnisse insbesondere für KMU

Die Forschungsergebnisse können von Herstellern von Identifikationssystemen in leicht zu integrierende, automatische Identifikationssysteme umgesetzt werden. Dadurch können diese Hersteller, die z. T. kleine und mittlere Unternehmen sind, Branchen bedienen, die bisher eine geringe Verbreitung von automatischen Identifikationssystemen aufweisen.

Das automatische Identifikationssystem auf Basis von sichtbarem Licht unterstützt im Gegensatz zu herkömmlichen Auto-ID-Lösungen manuelle Identifikationsprozesse. Als Anwender profitieren daher insbesondere KMU, die eine teilautomatisierte Produktion mit manuellen Arbeitsschritten besitzen, z. B. in der Montage.

Die Forschungsergebnisse liefern eine Alternative zur RFID-Technologie. RFID wird derzeit verhältnismäßig häufiger in Großunternehmen als in KMU eingesetzt. Zu den erfolgreichsten RFID-Anwenderunternehmen zählen vornehmlich große bis sehr große Unternehmen mit mehr als 1.000 Mitarbeitern. Das neue Identifikationsverfahren ermöglicht im Gegensatz zu RFID eine schrittweise Einführung unter Weiterverwendung bestehender Infrastrukturen (z. B. Barcode-Lesegeräte). Die schrittweise Einführung ist gerade für KMU vorteilhaft, die den bei einer RFID-Einführung anfallenden Anpassungsaufwand (z. B. Änderungen von IT-Systemen und Prozessen) nicht leisten können. Durch das neue Identifikationsverfahren können so bisher nicht realisierbare Nutzenpotentiale durch moderne Auto-ID-Technologien auch für KMU erschlossen werden.

2.1. Innovativer Beitrag

Die erzielten Ergebnisse stellen ein neues, lichtbasiertes Identifikationsverfahren dar. Das neue Verfahren ermöglicht den Einsatz von automatischer und manueller Identifikation überall dort, wo bisherige Verfahren mangels Funktionalität scheitern. Damit können Identifikationsprozesse in der Intralogistik einfacher gestaltet werden. Aus dem neuartigen Verfahren können weiterhin neue, innovative Produkte entstehen. Denkbar sind z. B. sowohl automatisch als auch manuell bediente Regalsysteme, deren Inhalt sich sowohl durch den Menschen als auch Maschinen erfassen lässt.

Der innovative Beitrag der Forschungsergebnisse besteht in der mehrfachen Nutzung von sichtbarem Licht als bereits etabliertes Übertragungsmedium. Optische Identifikationssysteme wie z. B. Barcode und Etikett, die weit verbreitet und robust sind, werden durch die Datenübertragung und programmierbare Anzeige mit neuer Funktionalität versehen. Da ein etabliertes Übertragungsmedium verwendet wird, entfallen im Gegensatz zu funkbasierten Technologien Risiken wie bspw. der Einfluss elektromagnetischer Störungen.

Als Schlüssellösung für Logistikprozesse mit wechselndem Automatisierungsgrad ermöglicht das Identifikationssystem auf Basis von sichtbarem Licht bspw. eine dezentrale und objektabhängige Materialflusssteuerung: Direkt am Objekt können Mensch oder Maschine selbsttätig entscheiden, wie das Objekt weiter transportiert oder bearbeitet werden soll. Die leichte Integrierbarkeit der Lösung in bestehende und neue Identifikationsprozesse ist der wesentliche Vorteil.

2.2. Industrielle Anwendungsmöglichkeiten

Die Anwendungsfälle für das neue Identifikationsverfahren sind vielfältig. Mögliche Anwendungen für das Identifikationsverfahren ergeben sich neben Ein-/Auslagerungen in Regallagern bei allen Arten von Materialflusssteuerungen (z. B. zur Fördertechniksteuerung). Weitere Anwendungsfälle ergeben sich an den Datenschnittstellen zwischen nicht direkt gekoppelten Systemen (z. B. LogistikIT und MES, Manufacturing Execution System).

Die Forschungsergebnisse sollen im Rahmen der industriellen Umsetzung nach Projektende zunächst zur Produktreife von Schreibeinheit und Informationsträger gebracht werden. Diese Aufgabe fällt den Herstellern von Identifikationssystemen und Transpondern zu, die so ihr Produktspektrum vergrößern und anschließend Anwender im Intralogistikumfeld mit der neuen Technologie bedienen können.

Nach Aussagen der am Projektbegeleitenden Ausschuss (PA) teilnehmenden Unternehmen aus der Intralogistik-Branche sind Displays und optische Verfahren vielversprechende Technologien. Die Kombination der Lesbarkeit durch Lesegeräte wie auch den Menschen ist auf jeden Fall von Vorteil und von Anwendern teilweise gefordert. Weiterhin gibt es in der Intralogistik im Speziellen und in der Logistik im Allgemeinen Bedarf an wieder beschreibbaren Identifikationstechnologien. In der RFID-Technologie wurde bislang der Lösungsansatz für diese Anforderungen gesehen. Tatsächlich aber bestehen im RFID-Bereich noch spürbare technologische wie auch monetäre Schwierigkeiten. Auf Licht basierende Technologien könnten hier eine alternative Lösung darstellen.

3. Verwendung der Zuwendung und Ergebnisse

Nachfolgend werden die Verwendung der Zuwendung und die durch die Förderung erzielten Ergebnisse im Einzelnen dargestellt und den vorgegebenen Zielen gegenübergestellt.

3.1. Arbeitspaket 1: Analyse bestehender Identifikationsprozesse

- Verwendung der Zuwendung
 - Durchgeführte Arbeiten

Beschreibung	Form
Erarbeitung Anwendungsfälle	Treffen des Projektbegleitenden Ausschusses (PA) Besuche bei Anwendungspartnern
Aufbereitung Anwendungsfälle	Dokumentation, Recherche

- Dazu benötigt und eingesetzt:
 - wissenschaftlich-technisches Personal (Einzelansatz A.1 des Finanzierungsplans)
1 Mitarbeiter HPA A über den Zeitraum von 3 Monaten
 - Geräte (Einzelansatz B des Finanzierungsplans)
keine
 - Leistungen Dritter (Einzelansatz C des Finanzierungsplans)
keine
- Erzielte Ergebnisse

Als Ergebnis liegt eine in Form von Steckbriefen strukturierte Sammlung von sieben konkreten Anwendungsfällen vor, die sich im Produktions- und Logistikbereich von zwei Unternehmen des PA befinden. Die in den Anwendungsfällen enthaltenen technischen Anforderungen stellen das Lastenheft für das Identifikationssystem dar.

Die Struktur der Steckbriefe ist in Abbildung 1 anhand eines Beispiels dargestellt. Der Steckbrief enthält auf der oberen Hälfte der Seite eine allgemeine Beschreibung des Anwendungsfalls. Die Rahmenbedingungen und zu erfüllenden Prozessfunktionen sind in einem morphologischen Kasten auf der unteren Hälfte der Seite dokumentiert. Die für den Anwendungsfall nicht zutreffenden Attribute sind dabei grau hinterlegt. Die Kategorien des morphologischen Kastens sind aus dem Forschungsprojekt ID-Select (AiF-Nr. 15993 N) des Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) e. V der RWTH Aachen übernommen. Der morphologische Kasten dient im Projekt ID-Select dazu, geeignete Auto-ID Technologien für konkrete Anwendungen zu bewerten. Eine Anpassung der Kategorien erfolgte im Projekt nicht.

Quad-Boxen										
Anwendungspartner		A								
Inhalt/Art des Prozesses		Montagebauteile								
Beschreibung		<ul style="list-style-type: none"> hochwertige Mehrwegbehälter Lieferant versieht Boxen mit eigenen Materialbegleitscheinen unternehmensinterner Materialbegleitschein (Kanban) 								
Anforderungen		<ul style="list-style-type: none"> System für Zulieferer und Unternehmen 								
Nutzen										
Kosten (Größenordnung)		Bild-Quelle: KTP Packaging Solutions								
Rahmenbedingungen		Material Oberfläche	metallisch			andere				
		max. verfügbarer Platz	max. Höhe: 20cm		max. Breite: 40cm		max. Tiefe: 1cm			
		Anbringungsart	Fest angebracht		Im Objekt integriert		Abnehmbar			
		Anteil kritischer Stoffe	keine (zu vernachlässigbar)			Flüssigkeit		Metalle		
		Sichtkontakt	gegeben			durch optische Trennung abgetrennt		durch metallische Feststoffe und Flüssigkeiten abgetrennt		
		Datenschutz	nicht notwendig	Schutz gegen lesen- optisch/ Sichtkontakt		Schutz gegen Funk- Auslesen		Schutz gegen Datenveränderung (Passwort) Schutz gegen Störung (Zerstören ohne direkten Zugriff)		
		Temperaturbereich	Im Prozess	< -20°C		-20°C ≥ x < 80°C		≥ 80°C		
			Auslesbar	< -20°C		-20°C ≥ x < 80°C		≥ 80°C		
		raue Umgebung	Spritzwasser		Wasser		Verschmutzung		keine raue Umgebung	
		mechanische Beanspruchung	Biegen		Scheren		Druck		Vibration Schlag	
		Kreislauf	offen						geschlossen	
		notwendige Lebensdauer der Datenträger	< 1 Woche		< 1 Monat		< 1 Jahr		1 - 5 Jahre > 5 Jahre	potenziell unbeschränkt
			Identifizieren	max. Relativgeschwindigkeit beim Auslesen	0 m / sek					
				Pulkfähigkeit	nicht notwendig		wenige Objekte (<10)		viele Objekte	
Reichweite	< 0,15 Meter			0,15 - 1 Meter		1 - 3 Meter > 3 Meter				
Messen	Lokalisieren	Ja					Nein			
	Messparameter	Feuchtigkeit		Druck		Temperatur		Unterzeit		
		Messort	Im Bereich des Lesegerätes			Außerhalb des Lesebereiches				
Speichern am Objekt	Zeichenmenge	Lieferschein (1024 Zeichen)								
	Zeichensatz	ASCII		binär		Hexadezimal		andere		
	max. Relativgeschwindigkeit am Schreibpunkt	0 m / sek								

Abbildung 1: Steckbrief

Die aufgenommenen Anwendungsfälle betreffen Behälter und Lagerorte als zu kennzeichnende Objekte. Tabelle 1 fasst die aufgenommenen Anwendungsfälle zusammen.

Tabelle 1: Zusammenfassung Anwendungsfälle

Bezeichnung	Objekt	Kurzbeschreibung
Quad-Boxen	Behälter	Materialbegleitscheine an hochwertigen Ladungsträgern, die in Lieferkette zwischen mehreren Unternehmen eingesetzt werden
Kleinteilebehälter	Behälter	Behälter für Montageteile, die derzeit mit hochwertigen, intensiv zu reinigenden Labeln ausgestattet sind
Holzwagen	Behälter	Materialbegleitscheine an unternehmensintern eingesetzten, manuell verfahrbaren Ladungsträgern
Regalplatzbeschriftung	Lagerort	Regalplatzauszeichnung am produktionsnahen Lager (Supermarkt), die bei Umräumen geändert wird
Arbeitsplatzbeschriftung	Lagerort	Beschriftung des Materiallagers am Montagearbeitsplatz, die beim Umrüsten geändert wird (schnelles Umrüsten)
Dynamisches Kanban-Lager	Lagerort	Beschriftung des Materiallagers an der Montagelinie, die bei Produktwechseln geändert wird (Einsparung von Lagerfläche)
Bearbeitungsverfolgung	Behälter	Kennzeichnung des Bearbeitungszustands von Fertigungsteilen an Gitterkörben

3.2. Arbeitspaket 2: Konzeption der optischen Datenübertragung

- Verwendung der Zuwendung
 - Durchgeführte Arbeiten

Beschreibung	Form
Aufbau einer optischen Datenübertragungsstrecke	Entwurf, Montage, Experiment
Erarbeitung eines Konzepts zur Energieübertragung	Recherche, Zusammenfassung

- Dazu benötigt und eingesetzt:
 - wissenschaftlich-technisches Personal (Einzelansatz A.1 des Finanzierungsplans)
 - 1 Mitarbeiter HPA A über einen Zeitraum von 2 Monaten**
 - 2 Mitarbeiter HPA A (anteilig 50%) über einen Zeitraum von 1 Monat**
 - Geräte (Einzelansatz B des Finanzierungsplans)
 - 1 LED+LIGHT check – Präzisionsmessgerät inkl. Luxmeter**
 - Leistungen Dritter (Einzelansatz C des Finanzierungsplans)
 - keine**

▪ Erzielte Ergebnisse

Als Ergebnis liegt eine optische Datenübertragungsstrecke vor, die im Projektverlauf zu Versuchszwecken verwendet wurde. Weiterhin dienen die vorliegenden Konstruktionszeichnungen und Schaltpläne zur Konzeption des Informationsträgers.

Die realisierte unidirektionale Datenübertragungsstrecke besteht aus einem Sender (Transmitter) und einem Empfänger (Receiver). Der Sender überträgt eine von einem Sende-PC erhaltene Zeichenfolge durch Modulation einer Sende-LED über den Freiraum an den Empfänger, der sie mittels eines Fotoempfängers (Fotodiode) erfasst, verarbeitet und an einen Empfangs-PC weiterleitet. Abbildung 2 zeigt den schematischen Aufbau der Datenübertragungsstrecke.

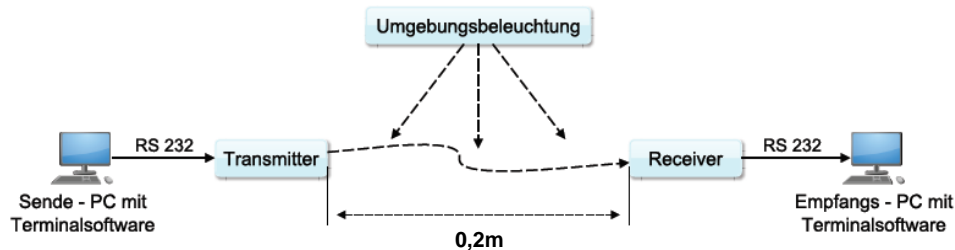


Abbildung 2: Aufbau der Datenübertragungsstrecke

Die Bitübertragung erfolgt durch ein DMT-Verfahren (Discrete Multitone). Zur Übertragung einer Bitfolge werden zwei Trägerfrequenzen (10kHz und 20kHz) umgetastet. Dieses Verfahren bietet im Gegensatz zu Amplitudenmodulationsverfahren wie OOK (On-Off Keying) die Vorteile einer schnellen Empfängersynchronisierung sowie eines gleichbleibenden, d. h. datenunabhängigen Lichtstroms der Sende-LED.

Aufgrund von Wartungsfreiheit soll der Informationsträger passiv, d.h. ohne eigene Energieversorgung, z. B. durch eine Batterie, betrieben werden können. Der Informationsträger soll die zum Betrieb notwendige Energie aus der Umgebung (Energie Harvesting) oder während des Schreibvorgangs durch die Schreibeinheit beziehen. In beiden Fällen muss Licht auf dem Informationsträger mittels Fotoelementen (Solarzelle) in elektrische Leistung umgesetzt werden.

Die am Informationsträger aus der Umwelt gewinnbare Leistung wurde mittels eines Beleuchtungsmessgeräts (Luxmeter mit spektraler Analyse) bestimmt. Tabelle 2 zeigt die gemessenen Beleuchtungsstärken für verschiedene Einsatzszenarien.

Tabelle 2: Beleuchtungsstärken für verschiedene Einsatzszenarien

Szenario (Anbringungsort)	Beleuchtungsstärke
	Schwache – starke Beleuchtung
Regallager	79 – 1042 lx
Behälter	56 – 1080 lx

Die ermittelten Beleuchtungsstärken wurden bei der Konzeption des Informationsträgers (AP4) berücksichtigt. In Abstimmung mit dem PA soll die aus der Umwelt gewinnbare Leistung zum Betrieb des Informationsträgers ausreichen. Eine zusätzliche Energieübertragung von der Schreibeinheit zum Informationsträger wurde daher nicht berücksichtigt.

3.3. Arbeitspaket 3: Konzeption der optischen Anzeige

- Verwendung der Zuwendung
 - Durchgeführte Arbeiten

Beschreibung	Form
Erstellung eines grafischen Entwurfs der Anzeige	Entwurf
Auswahl einer geeigneten Displaytechnologie	Recherche, Zusammenfassung
Auswahl von geeigneten Leseinheiten	Recherche, Zusammenfassung

- Dazu benötigt und eingesetzt:
 - wissenschaftlich-technisches Personal (Einzelansatz A.1 des Finanzierungsplans)
2 Mitarbeiter HPA A (anteilig 50%) über einen Zeitraum von 1 Monat
 - Geräte (Einzelansatz B des Finanzierungsplans)
keine
 - Leistungen Dritter (Einzelansatz C des Finanzierungsplans)
keine

- Erzielte Ergebnisse

Der Displayinhalt des Informationsträgers umfasst, auf Basis der Anforderungen aus den Anwendungssteckbriefen (vgl. AP1) und in Abstimmung mit dem PA, eine Artikelnummer, eine Artikelanzahl, die zugehörigen, festen Textbeschriftungen, einen dynamisch veränderlichen 2D-Code (QR-Code) sowie eine grafische Abbildung (Logo). Die Displaygröße wurde anhand kommerziell verfügbarer Entwicklerkits auf 7cm (Diagonale) festgelegt.

Als passive Displaytechnologie wurde ein Cholesteric Liquid Crystal Display (ChLCD) ausgewählt und mit dem PA abgestimmt. Für die geplante Anwendung vorteilhafte Kennzeichen dieser Technologie sind die hohe Auflösung, das starke Kontrastverhältnis, ein großer Betrachtungswinkel und eine selektive Adressierung einzelner Bildpixel. Die bistabile Flüssigkristallschicht kann nur zwei stabile Strukturzustände, reflektierend oder transparent, annehmen. Abbildung 3 zeigt die visuelle Wahrnehmung durch das menschliche Auge bei unterschiedlichen Zuständen der Flüssigkristallschicht.

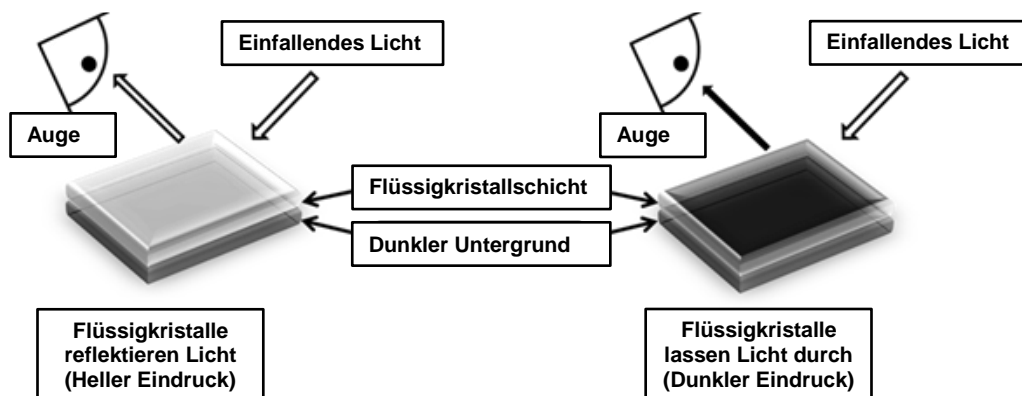


Abbildung 3: Funktionsweise ChLCD

Als Leseinheiten wurden 3 Geräte (Samsung Galaxy SII Mobiltelefon, Sick ICR620S-T11503 stationärer Barcodeleser, Höft & Wessel skeye.e-motion mobiles Terminal) zur weiteren Verwendung im Projekt vom PA vorgeschlagen bzw. bereitgestellt. Lesetests mit den Geräten wurden in AP7 durchgeführt.

3.4. Arbeitspaket 4: Konzeption des Demonstrators

- Verwendung der Zuwendung
 - Durchgeführte Arbeiten

Beschreibung	Form
Konzeption der Schreibeinheit	Entwurf
Konzeption des Informationsträgers	Entwurf

- Dazu benötigt und eingesetzt:
 - wissenschaftlich-technisches Personal (Einzelansatz A.1 des Finanzierungsplans)
2 Mitarbeiter HPA A (anteilig 50%) über einen Zeitraum von 2 Monaten
 - Geräte (Einzelansatz B des Finanzierungsplans)
keine
 - Leistungen Dritter (Einzelansatz C des Finanzierungsplans)
keine

- Erzielte Ergebnisse

Die Schreibeinheit ist ein kommerziell erhältlicher USB-IR Adapter des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR), bei dem die IR-Diode durch eine LED der Firma Kingbright ersetzt wurde. Die ausgewählte LED L-813SRC-F sendet bei 660nm eine maximale Lichtstärke von vier Candela in einem 40° kleinen Abstrahlwinkel. Der Arbeitspunkt der LED wurde zu 1,85V bei 20mA bestimmt. Die Aufgabe der Schreibeinheit ist die Wandlung elektrischer Signale der seriellen UART-Schnittstelle in optische Signale. Das in AP2 erarbeitete Datenübertragungsprotokoll wurde hierfür angepasst. Jede Bitfolge besteht dabei aus einem Startbit, acht Datenbits und einem Stopbit wie Abbildung 4 verdeutlicht.

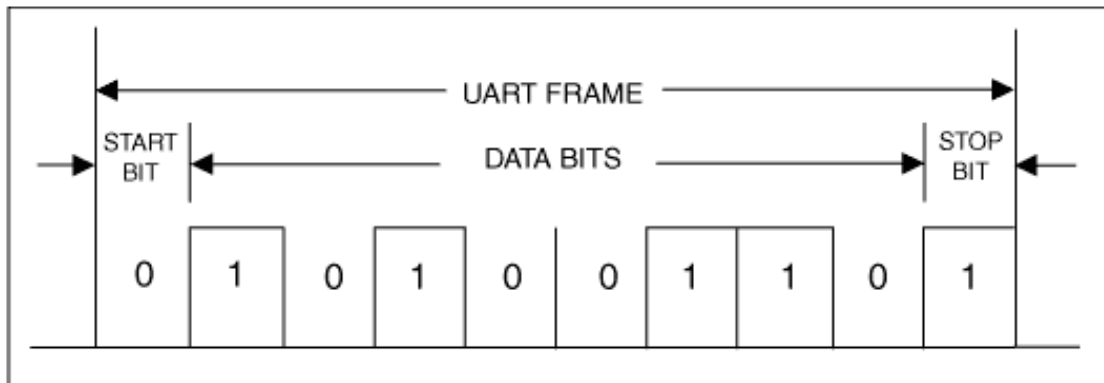


Abbildung 4: UART Frame

Der schaltungstechnische Entwurf des Informationsträgers ist als Übersicht in Abbildung 5 gezeigt. Als Bauteile wurden ein Texas Instruments MSP430

Mikrocontroller, ein ChLC Display der Fa. Kent, eine Solarzelle sowie die notwendigen Schaltungselemente zur Spannungsversorgung und Datenerfassung ausgewählt. Die Datenerfassung erfolgt über eine Fotodiode, die über eine analoge Komparatorschaltung mit einstellbarem Schwellwert ein digitales Signal an den Mikroprozessor übergibt.

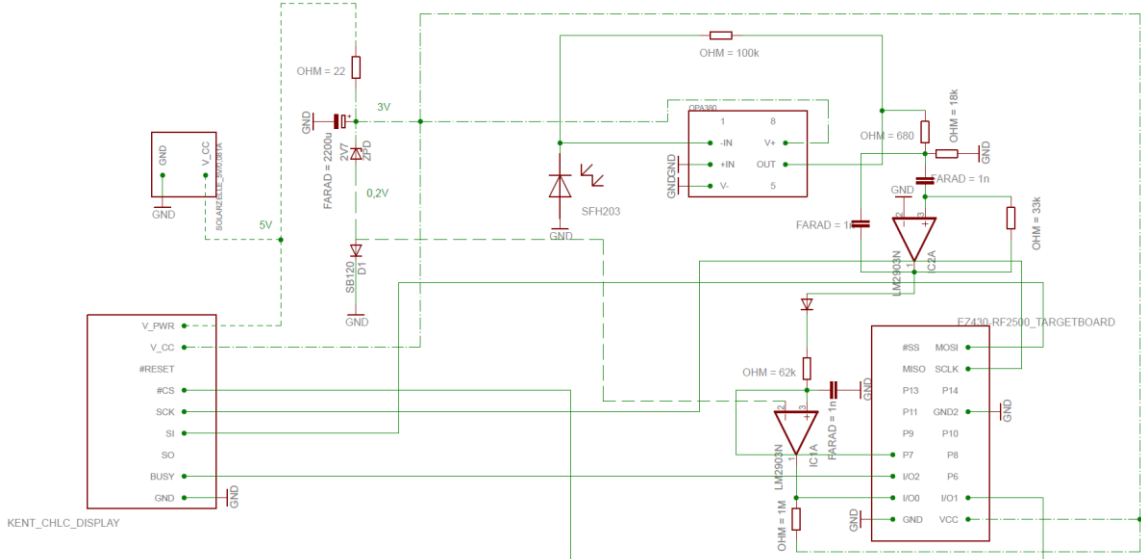


Abbildung 5: Übersicht Schaltplan Informationsträger

3.5. Arbeitspaket 5: Umsetzung der Schreibeinheit

- Verwendung der Zuwendung
 - Durchgeführte Arbeiten

Beschreibung	Form
Modifikation des USB IR-Adapters	Montage
Ansteuerung der Schreibeinheit	Programmierung

- Dazu benötigt und eingesetzt:
 - wissenschaftlich-technisches Personal (Einzelansatz A.1 des Finanzierungsplans)

2 Mitarbeiter HPA A (anteilig 50%) über einen Zeitraum von 2 Monaten
1 Mitarbeiter HPA A (anteilig 100%) über einen Zeitraum von 2 Monaten
 - Geräte (Einzelansatz B des Finanzierungsplans)

keine
 - Leistungen Dritter (Einzelansatz C des Finanzierungsplans)

keine
- Erzielte Ergebnisse

Aufbauend auf der Konzeption der Schreibeinheit (AP4) wurde der modifizierte USB-IR Adapter umgesetzt (vgl. Abbildung 6). Die Verschaltung der LED wurde gemäß des in AP4 bestimmten Arbeitspunktes angepasst.

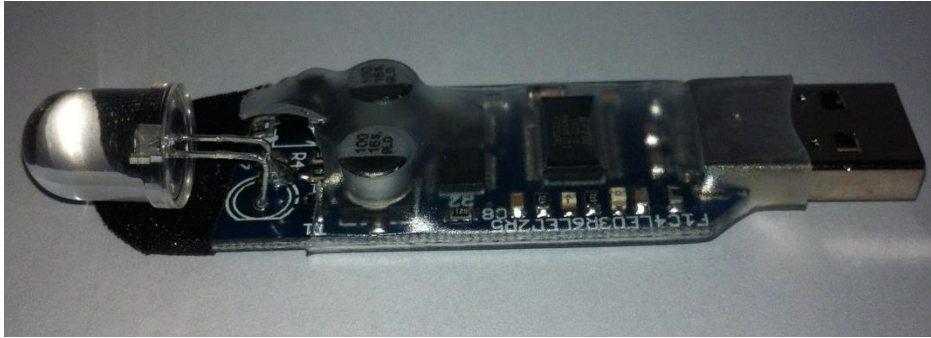


Abbildung 6: Schreibeinheit

Die Schreibeinheit wird mittels einer seriellen Schnittstelle angesprochen. Auf Wunsch des PA wurde eine mobile Anwendung auf Basis des Android-Betriebssystems realisiert, die auf dem in AP3 spezifizierten Lesegerät (Samsung Galaxy SII) lauffähig ist. Abbildung 7 zeigt einen Screenshot der Anwendung. Die Anwendung sendet Daten mittels der Schreibeinheit an den Informationsträger und liest sie mittels des Barcodelesers aus.

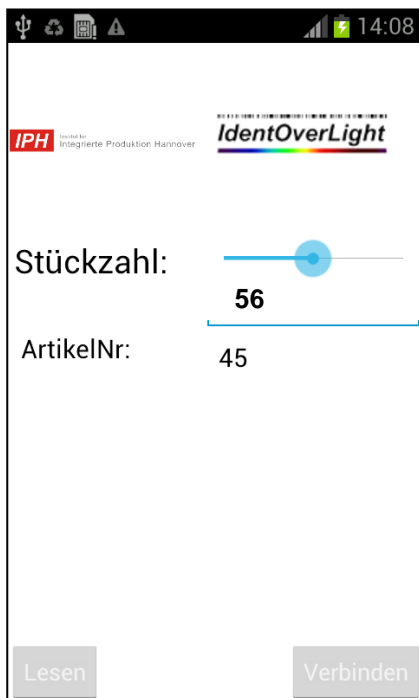


Abbildung 7: Android App zur Ansteuerung Schreibeinheit

3.6. Arbeitspaket 6: Umsetzung des Informationsträgers

- Verwendung der Zuwendung
 - Durchgeführte Arbeiten

Beschreibung	Form
Aufbau der Hardware	Montage
Programmierung des Mikrocontrollers	Programmierung
Funktionstest im Labor	Experiment

- Dazu benötigt und eingesetzt:
 - wissenschaftlich-technisches Personal (Einzelansatz A.1 des Finanzierungsplans)
 - 1 Mitarbeiter HPA A (anteilig 50%) über einen Zeitraum von 6 Monaten**
 - 1 Mitarbeiter HPA A (anteilig 50%) über einen Zeitraum von 4 Monaten**
 - 1 Mitarbeiter HPA A (anteilig 100%) über einen Zeitraum von 3 Monaten**
 - Geräte (Einzelansatz B des Finanzierungsplans)
 - keine**
 - Leistungen Dritter (Einzelansatz C des Finanzierungsplans)
 - keine**

- Erzielte Ergebnisse

Der Informationsträger liegt als umgesetzter Demonstrator vor. Das Gehäuse des Informationsträgers ist mittels Rapid Prototyping gefertigt. Abbildung 8 zeigt den Demonstrator des Informationsträgers. Der Informationsträger ist funktionsfähig. Der programmierte Mikrocontroller steuert das Display und verarbeitet die an der Fotodiode erfassten Signale. Alle elektrischen Verbraucher werden über die Solarzelle, unterstützt durch einen Energiepuffer (Kondensator), gespeist. Zur Sicherstellung des Betriebs bei ungünstigen Beleuchtungsbedingungen ist eine Stützbatterie integriert.



Abbildung 8: Demonstrator Informationsträger

Die Ergebnisse der Funktionstests im Laborumfeld zeigen, dass die Datenübertragung mittels sichtbaren Lichts von der Schreibeinheit zum Informationsträger, selbst unter dem Einfluss von Störquellen, korrekt arbeitet.

3.7. Arbeitspaket 7: Versuchsdurchführung

- Verwendung der Zuwendung
 - Durchgeführte Arbeiten

Beschreibung	Form
Versuchsdurchführung	Experiment

- Dazu benötigt und eingesetzt:
 - wissenschaftlich-technisches Personal
(Einzelansatz A.1 des Finanzierungsplans)
1 Mitarbeiter HPA A (anteilig 50%) über einen Zeitraum von 4 Monaten
1 Mitarbeiter HPA A (anteilig 50%) über einen Zeitraum von 2 Monaten
 - Geräte
(Einzelansatz B des Finanzierungsplans)
keine
 - Leistungen Dritter
(Einzelansatz C des Finanzierungsplans)
keine

- Erzielte Ergebnisse

Anhand des fertiggestellten Demonstrators wurde in einer kontrollierten Testumgebung und in der realitätsnahen Testumgebung am IPH (Hallenbereich) der Funktionsnachweis des neuen Identifikationssystems geführt. Diese Praxisversuche dienten zur Bestimmung von Parametern (Technologieeigenschaften), die für die technische Bewertung des Identifikationsverfahrens notwendig sind. Versuche in der Produktionsumgebung konnten von den am PA beteiligten Unternehmen nicht ermöglicht werden.

Als wesentliche Technologieeigenschaft des neuen Identifikationssystems wurde die erreichbare Schreib-/Lesereichweite für verschiedene Lichtverhältnisse (vgl. Tabelle 2) untersucht. Diese ergibt sich aus dem Grenzwert der Entfernung zwischen Schreibereinheit und Informationsträger, ab dem Informationen nicht korrekt gelesenen bzw. beschrieben werden können.

Schreibreichweite

Zur Bestimmung der erzielbaren Schreibreichweite wurde eine kontrollierte Relativposition von Schreibereinheit und Informationsträger verwendet, wie in Abbildung 9 gezeigt. Bei den Messungen werden die relative Ausrichtung α zwischen LED der Schreibereinheit und Fotodiode des Informationsträgers sowie deren Abstand voneinander variiert.

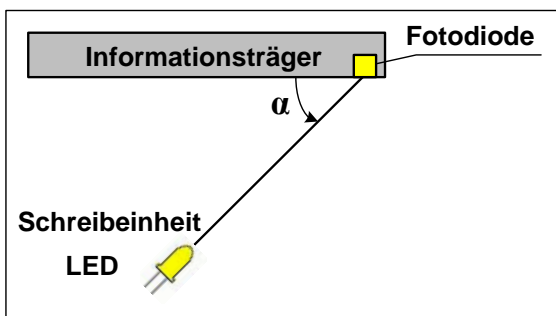


Abbildung 9: Versuchsaufbau zur Messung der Schreibreichweite

Die Messungen zur Schreibreichweite wurden bei starker und schwacher Beleuchtung durchgeführt (vgl. Tabelle 2). Abbildungen 10 und 11 zeigen die Schreibreichweite in Abhängigkeit der relativen Ausrichtung. Wie durch die Richtcharakteristik der Fotodiode zu erwarten, ist bei direkter Ausrichtung (90°) die größte Reichweite zu erzielen (450-530mm).

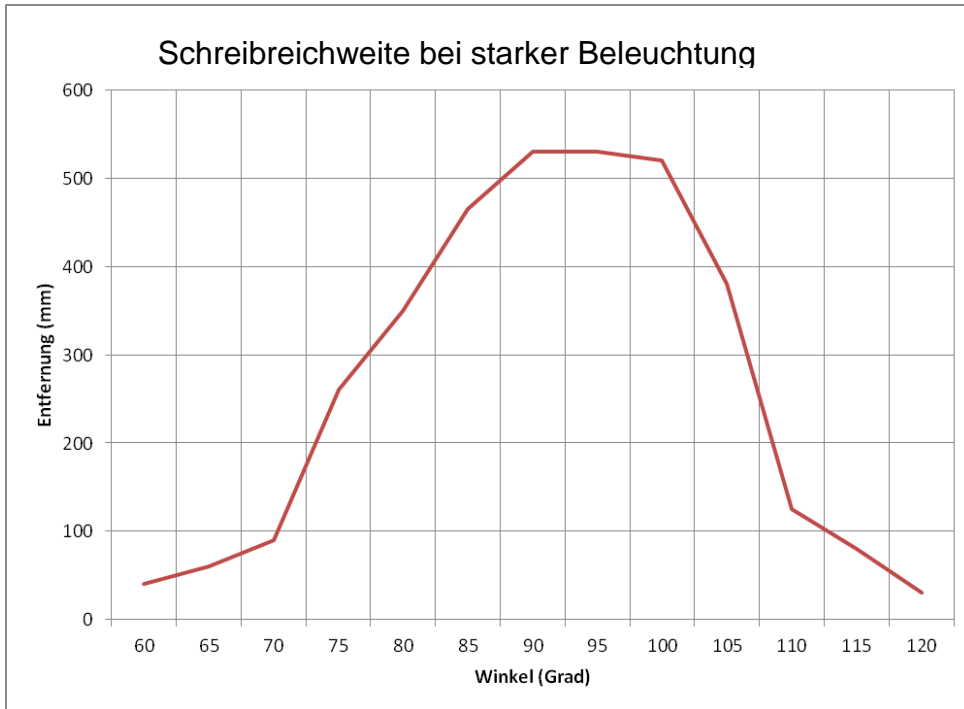


Abbildung 10: Schreibreichweite bei starker Beleuchtung

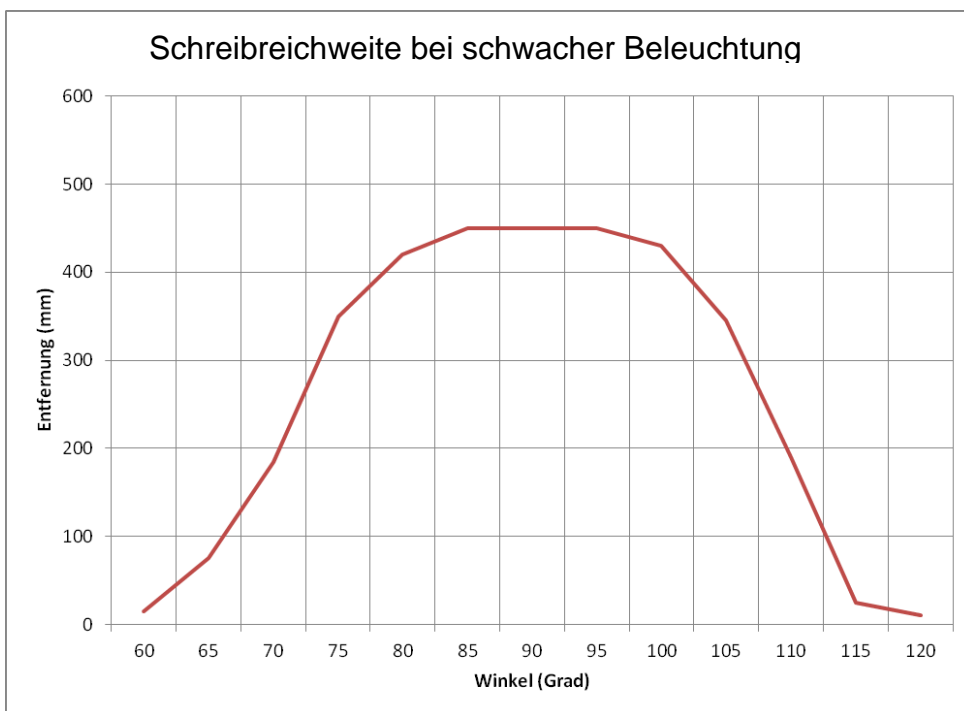


Abbildung 11: Schreibreichweite bei schwacher Beleuchtung

Lesereichweite

Zur Bestimmung der erzielbaren Lesereichweite wurde der QR-Code auf dem Informationsträger wiederholt mit einem Samsung Galaxy SII Mobiltelefon und einem Sick ICR620S-T11503 LECTOR 620 als stationärem Barcodeleser ausgelesen. Hierbei wurde der Abstand schrittweise vergrößert, bis keine Erfassung des Codes mehr möglich war. Mit beiden Geräten ließ sich eine Lesereichweite von ca. 20 cm erzielen.

Wesentlichen Einfluss auf die Lesereichweite hat neben den Eigenschaften des Lesegeräts die Darstellungsqualität des 2D-Codes bspw. hinsichtlich des vom Display erreichbaren Kontrasts. Der Kontrast hängt maßgeblich von der Displaytechnologie ab. Displays auf E-Ink Technologie, wie sie in E-Book Readern zum Einsatz kommen, bieten gegenüber dem im Informationsträger eingesetzten ChLC-Display, das im Rahmen der Konzeption zur Verfügung stand, Vorteile. Abbildung 12 zeigt QR-Codes auf beiden Displayarten. Der Kontrast im E-Ink Display (rechts) ist messbar größer als im ChLC-Display (links).

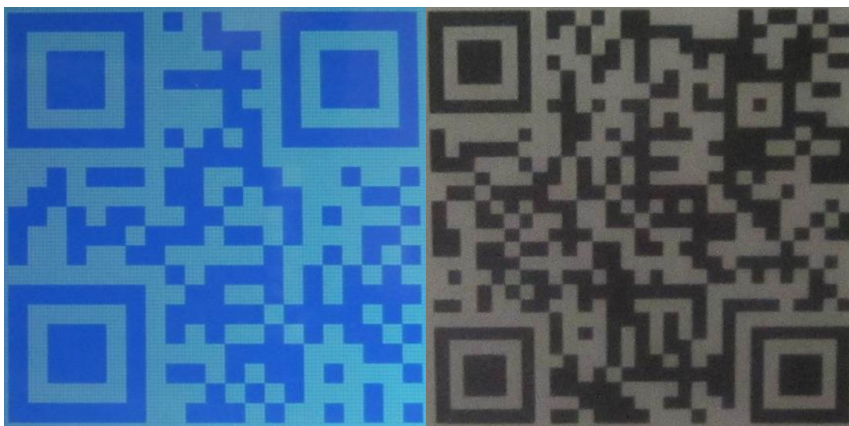


Abbildung 12: Kontrast QR-Code (links: ChLC, rechts: E-Ink)

Zur Untersuchung der Darstellungsqualität führte Fa. Blum eine Versuchsreihe an einem mit einem REA MLV-2D Messgerät ausgestatteten Prüfplatz durch. Als Ergebnis der Versuche zeigte sich, dass die auf ChLC und E-Ink dargestellten Codes nicht alle Vorgaben bspw. hinsichtlich Modulation erfüllen, die an hochwertige 2D-Codes gestellt werden. Wesentliche Ursachen hierfür sind fehlerhafter (ungenügender) Kontrast und eine verzerrte Codestruktur. Fehlerfrei gelesen werden konnte jedoch der auf dem E-Ink Display angezeigte Code.

Zur Bestimmung der Auswirkung der Darstellungsqualität des Displays auf die erzielbare Lesereichweite wurde mit den Lesegeräten Samsung Galaxy SII und Sick Lector 620 die Lesereichweite für einen auf Papier gedruckten und einen auf einem E-Ink Display eines E-Books dargestellten QR-Code untersucht. Mit dem Lector 620 konnte ein Papiercode aus ca. 95 cm gelesen werden, während ein gleichformatiger Code auf einem E-Ink Display aus ca. 70 cm gelesen werden konnte. Ein ähnliches Verhältnis ergibt sich für das Samsung Galaxy SII. Hier konnte der Papiercode aus ca. 85 cm, der auf dem E-Ink Display aus ca. 65 cm gelesen werden.

Als Ergebnis zeigte sich, dass sich eine zur Schreibreite vergleichbare Lesereichweite mittels höherkontrastigen Displaytechnologien wie E-Ink erzielen lässt.

3.8. Arbeitspaket 8: Technische und logistische Bewertung

- Verwendung der Zuwendung

- Durchgeführte Arbeiten

Beschreibung	Form
Bewertung	Workshop

- Dazu benötigt und eingesetzt:

- wissenschaftlich-technisches Personal
(Einzelansatz A.1 des Finanzierungsplans)

1 Mitarbeiter HPA A (anteilig 50%) über einen Zeitraum von 2 Monaten

- Geräte
(Einzelansatz B des Finanzierungsplans)

keine

- Leistungen Dritter
(Einzelansatz C des Finanzierungsplans)

keine

- Erzielte Ergebnisse

Durch die am PA beteiligten Unternehmen erfolgte eine technische Bewertung des Identifikationssystems auf Basis der in AP7 erzielten Versuchsergebnisse in Form eines Workshops. Bezugnehmend auf die in AP1 erarbeiteten Kriterien, sind zur technischen Bewertung des Identifikationssystems und zum Vergleich mit den bestehenden Auto-ID-Verfahren wie Barcode und RFID die in Tabelle 2 aufgeführten Technologieeigenschaften maßgeblich.

Tabelle 2: Kriterien für Vergleich von RFID und IdentOverLight

Kriterium	IdentOverLight	RFID
Schreib-/Lesereichweite	ca. 20 cm	Passiv 1-2 m aktiv > 10 m
Übertragungsgeschwindigkeit	Derzeit 2,4 kBit/s	Bis zu 500 kBit/s
Adressierung	Direkt (Sichtverbindung)	Dialoggeführt
Bidirektionale Datenverbindung	Ja (Rückkanal: Display)	Ja
Maschinell lesbar	Ja	Ja
Vom menschlichen Auge lesbar	Ja	Nein
Pulkerfassung	Nein	Ja
Kosten pro Informationsträger	Entwicklerhardware	Passiv unter 1€
Störung durch Metall / Wasser	Nein	Ja
Energieversorgung	Autonom über Solarzelle	Passiv: Sendefeld Aktiv: Batterie

Die Bewertung einiger Kriterien konnte aus den folgenden Gründen nur eingeschränkt erfolgen.

- **Schreib-/Lesereichweite**
Die erreichbare Lesereichweite des IdentOverLight Identifikationssystems erfüllt derzeit Anforderungen (bspw. Reichweite > 1m), die bspw. von UHF-RFID Transpondern oder Barcodes mit Long-Range-Lesegeräten erfüllt werden, nicht. Wie in AP7 gezeigt, erlauben jedoch Änderungen bspw. der Displaytechnologie eine Vergrößerung der Lesereichweite.
- **Kosten**
Für den IdentOverLight Informationsträger können im Rahmen der vorliegenden vorwettbewerblichen Forschung keine erwarteten Stückkosten bestimmt und in die Bewertung einbezogen werden.

Auf Basis der technischen Bewertung wurden von den Unternehmen des PA Potenziale identifiziert, die eine Nutzung des Identifikationssystems attraktiv machen. Diese Potenziale sind im Rahmen von Weiterentwicklungen zu betrachten:

- Universeller Datenträger durch Transparenz "mit einem Blick auf das Display"
- Prozessdarstellungs- und Überwachungsfunktionen bspw. an Werkzeugen und Werkstückträgern
- Lean-Methoden bspw. Milkrun-Steuerung durch dezentrale Zielkennzeichnung
- Integration in neuartige Beleuchtungskonzepte

4. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die in AP1 durchgeführten Arbeiten waren notwendig, um Anforderungen an die Konzeption des neuen Identifikationsverfahrens abzuleiten. Die Arbeiten sind angemessen, da die erarbeiteten sieben Anwendungsfälle nach Einschätzung des Projektbegleitenden Ausschuss hinreichend für eine technische und logistische Bewertung des neuen Identifikationsverfahrens sind.

Die in AP2 durchgeführten Arbeiten sind notwendig, da die optische Datenübertragung und die Energiegewinnung auf dem Informationsträger wesentliche Eigenschaften des neuen Identifikationsverfahrens darstellen. Die Arbeiten sind angemessen, da die aufgebaute Datenübertragungsstrecke und die Energieversorgung eine für die betrachteten Anwendungsfälle hinreichend leistungsfähige Datenübertragung erlauben.

Die in AP3 durchgeführten Arbeiten zur optischen Anzeige sind für die Anwendbarkeit in den betrachteten Anwendungsfällen notwendig. Die Arbeiten sind angemessen, da mittels der getroffenen Festlegungen eine hinreichende Abbildung der Anwendungsfälle gegeben ist.

Die in AP4 durchgeführten Arbeiten sind notwendig zur folgenden Umsetzung eines Demonstrators. Der Umfang der Arbeiten ist angemessen, da die Konzeption sämtliche Komponenten des Demonstrators umfasst.

Die in AP5 und AP6 durchgeführten Arbeiten zur Umsetzung des Demonstrators sind notwendig, um in den folgenden AP7 Versuche und in AP8 die technische und logistische Bewertung durchzuführen. Durch die geleistete Arbeit wurde eine dem Projektziel angemessene Umsetzung des Demonstrators erreicht.

5. Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft

Tabelle 4 beschreibt die bereits durchgeführten Transfermaßnahmen. Tabelle 5 beschreibt die noch geplanten Transfermaßnahmen.

Tabelle 4: Durchgeführte spezifische Transfermaßnahmen

<u>Durchgeführte spezifische Maßnahmen</u>	<u>Ziel</u>	<u>Rahmen</u>	<u>Datum / Zeitraum während des Bewilligungszeitraums</u>
Information der Unternehmen des Projektbegleitenden Ausschusses (PA)	Unmittelbarer Ergebnistransfer in die Wirtschaft, Fortschrittsbericht, Diskussion, Festlegungen, Abstimmung, Erfahrungsaustausch innerhalb des PA	Sitzungen des Projektbegleitenden Ausschusses (PA)	1. Sitzung 26.09.2011 2. Sitzung 07.02.2012 3. Sitzung 26.09.2012 4. Sitzung 12.02.2013 Telefonkonferenz 22.04.2013
Ansprache potenziell interessierter Unternehmen auch außerhalb des PA	Gewinnung für Teilnahme am PA	Vorstellung der Projektziele bei interessierten Unternehmen	Bluhm Systeme GmbH (28.06.2011) inotec Barcode Security GmbH (01.07.2011) Miele & Cie. KG (05.10.2011) Continental AG (10.11.2011) Balluff GmbH (15.03.2012)
	Unmittelbarer Ergebnistransfer in die Wirtschaft	Vorstellungen der Projektergebnisse bei interessierten Unternehmen	MTU Maintenance Hannover GmbH (25.10.2011) SIL - System Integration Laboratory GmbH (iG) (10.11.2011) Volkswagen AG (13.09.2012)
Publikation der Projektergebnisse im Internet	Informationstransfer innerhalb des Projektkonsortiums, Austausch mit Interessenten aus Industrie und Wissenschaft	Einrichtung einer Projekt-Homepage	www.identoverlight.de erreichbar seit 10/2011
		Pressemitteilung	27.06.2011
	Information von Interessenten aus Industrie und Wissenschaft	RFID im Blick	19.07.2012

Wissenschaftliche Publikationen / Dissertation, in Fachzeitschriften oder sonstigen gedruckten Veröffentlichungen	Nationaler Ergebnistransfer	Publikation Hebezeuge Fördermittel	Erschienen 13.02.2013
	Nationaler Ergebnistransfer	Publikation in der Forschungsagenda Logistik	Erschienen 09/2012
Vorträge und Präsentationen	Nationaler Ergebnistransfer	nex-con 2011	08.09.2011
	Nationaler und internationaler Ergebnistransfer	Deutsch-Russisches Forum e.V.	18.10.2011
	Nationaler Ergebnistransfer	14. Sitzung des Wissenschaftlichen Beirats der IFL	21.08.2012
	Nationaler Ergebnistransfer	Hamburg Logistik Forum 2012	01.11.2012
	Vorstellung der Ergebnisse und Ausstellung des Demonstrators	Vorstellung auf der Hannover Messe International	08.-12.04.2013
	Nationaler und internationaler Ergebnistransfer	Forum "Energy Harvesting & Wireless Sensor Networks"	11.04.2013
	Nationaler Ergebnistransfer	Radiobeitrag Deutschlandradio	20.04.2013
Übernahme der Ergebnisse in Lehre und Weiterbildung	Anleitung der Studenten zur Nutzung optischer Identifikationsverfahren	Bachelorarbeit FH Hannover	Abgabe: 15.09.2011
		Bachelorarbeit FH Osnabrück	Abgabe: 31.08.2012
		Bachelorarbeit FH Osnabrück	Abgabe: 15.02.2013
Bau von Demonstratoren, die für Demonstrationszwecke an der Fst verbleiben	Direkter Wissenstransfer in die Industrie	Erstellung des Demonstrators unter dem Kriterium der Vorwettbewerblichkeit	September 2012

Tabelle 5: Geplante spezifische Transfermaßnahmen

<u>Geplante spezifische Maßnahmen</u>	<u>Ziel</u>	<u>Rahmen</u>	<u>Datum / Zeitraum nach dem Bewilligungszeitraum</u>
Ansprache potenziell interessierter Unternehmen auch außerhalb des PA	Unmittelbarer Ergebnistransfer in die Wirtschaft	Vorstellungen der Projektergebnisse bei interessierten Unternehmen	kontinuierlich und auf Anfrage
Wissenschaftliche Publikationen / Dissertation, in Fachzeitschriften oder sonstigen gedruckten Veröffentlichungen	Nationaler und internationaler Ergebnistransfer	Publikation Hebezeuge Fördermittel	Mai 2013
Weitergabe von ausführlichen Forschungsberichten	Nationaler und internationaler Ergebnistransfer	Veröffentlichung Abschlussbericht	Juni 2013
Vorträge und Präsentationen	Nationaler Ergebnistransfer	Arbeitskreis der Forschungsvereinigung IFL	fortlaufend auf Anfrage
	Nationaler Ergebnistransfer	Beteiligung am Forum Intralogistik des Branchenverbandes VDMA	fortlaufend auf Anfrage
Übernahme der Ergebnisse in Lehre und Weiterbildung	Anleitung der Studenten zur Nutzung optischer Identifikationsverfahren	Einbeziehung der Ergebnisse in die Lehrveranstaltung „Automatisierung/ Steuerungstechnik“ des Instituts für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA) der Leibniz Universität Hannover	Ab Sommersemester 2013
Beratung von Unternehmen	Direkter Wissenstransfer in die Industrie	Unterstützung bei der Planung und Einführung von Auto-ID Systemen	fortlaufend auf Anfrage
Sonstige Transfermaßnahmen	Initiierung von bilateralen Anschlussvorhaben	Direkter Wissenstransfer zur Weiterentwicklung des Identifikationssystems bis zur Produktreife	Ab Mai 2013

Das vorgeschlagene und aktualisierte Transferkonzept erscheint realisierbar. Insbesondere aufgrund der Präsentation des Demonstrators auf der Hannover Messe entstanden vielversprechende Anfragen von Unternehmen, die im Rahmen des Transferkonzepts weiter verfolgt werden (vgl. Tabelle 5, Ansprache potenziell interessierter Unternehmen auch außerhalb des PA)

6. Zusammenstellung aller veröffentlichten Arbeiten

Eigene Literatur (erschienen)

- Astitouh, M.; Lorsch, S.; Heißmeyer, S.; Overmeyer, L.: Auto-ID mit sichtbarem Licht in der Intralogistik - IdentOverLight – ein neues Funktionsprinzip. In: Hebezeuge Fördermittel, o. Jg. (2013), H.1-2, S. 88-90.

Redaktionsbeiträge (Auswahl)

- Denkers, J. P.: Vorteile von RFID vereint im „Super-Label“, RFID im Blick, 06/2012.
- Kümmerlen, R.: Projekt „Ident Over Light“. Forschungsagenda Logistik, 2012.
- N.N.: „Super-Label“ vereinfacht die Kommunikation. VDI Nachrichten, 19.03.2013.
- N.N.: Identification Method works with Visible Light. MM Hannover Messe Daily, 04.04.2013.

Eigene Literatur (geplant)

- Lorsch, S.; Heißmeyer, S.; Overmeyer, L.: IdentOverLight – Der universelle Informationsträger. In: Hebezeuge Fördermittel.

7. Angaben über gewerbliche Schutzrechte

Im Rahmen des Projekts wurden durch das IPH keine gewerblichen Schutzrechte angemeldet.

8. Förderhinweis

Das IGF-Vorhaben 17134 der Forschungsvereinigung Intralogistik/Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL) wurde über die die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" (AiF) e. V. im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.