

## EROLEDT



### OLED driver circuit for energy efficient lighting

#### Objectives

“Organic LEDs“, or OLEDs\*, have been used for some years already in smartphones and television screens. At the moment, they are not in common use for general lighting purposes. An OLED is, however, highly efficient in its use of energy and about 60% more economical than halogen lighting. By virtue of its physics, an OLED also provides more naturally coloured light. Where an LED is a point beam source, an OLED radiates diffuse surface light with less dazzle and no need of additional optical elements to distribute the light. In coming years, the falling costs of producing OLED panels and their ever-increasing efficiency are bound to cause this technology to be used more and more in lighting applications. OLEDs will thus be the building blocks of efficient solutions which enable energy-intensive sectors such as building automation to avoid wasting energy.

A necessary precondition is that electronics will have to be available that are suitable to the open- and closed-loop control of the OLEDs. A semi-conductor circuit is being developed in the EROLEDT research project at IMMS which is laid out to match the char-

acteristics of OLED panels and which will enable them to run efficiently in energy terms. The driving concept selected has been optimised to the long life enjoyed by OLEDs. Sensors integrated into the circuit will compensate for the effects of OLED ageing, achieving constant perceived brightness and colour. There is a digital addressable lighting interface, or DALI, which enables the OLED panel to be integrated into a building's automation system and the circuit to be controlled there.

The integrated solutions that currently exist for LED lighting cannot be used for OLEDs. They can be the cause of significant loss in efficiency or even of damage to the OLED. This is because the specific characteristics of the OLED have not been taken into account and the appropriate control options have either been inadequately implemented or left out altogether, so that, among other effects, the lifetime of the luminaire will be reduced. There should be no current peaks while the OLED is being operated; these can

\*OLED Organic light-emitting diode

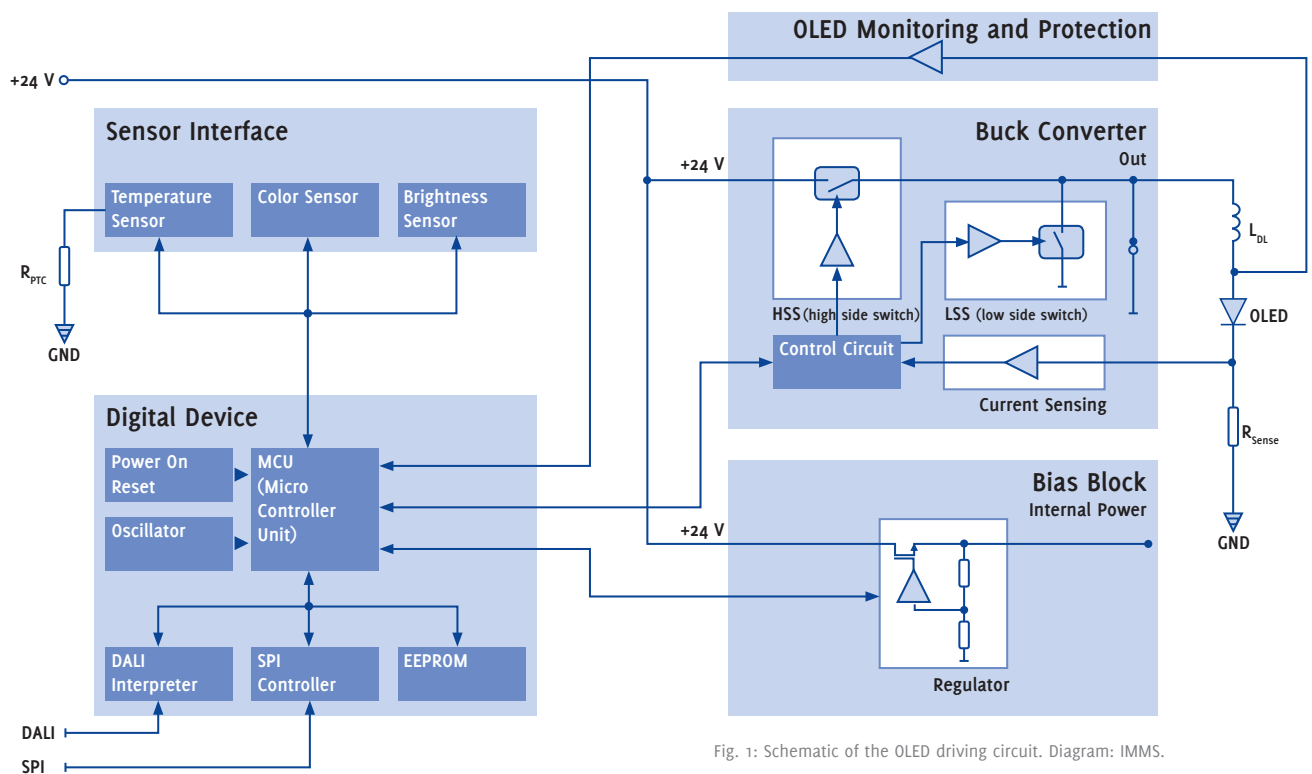


Fig. 1: Schematic of the OLED driving circuit. Diagram: IMMS.

arise in the case of pulse-width modulated voltage signals, accelerating the OLED ageing process. The cause of high current peaks is the large parasitic capacitance of the OLED, which is a result of the large area of the OLED and will mean that during voltage jumps there is a higher current flowing. While an LED reacts to a malfunction with highly resistive behaviour, an OLED will short-circuit. This means that the supply to the OLED must be switched off immediately so as to avoid further damage from the increased current flow in the OLED's surroundings.

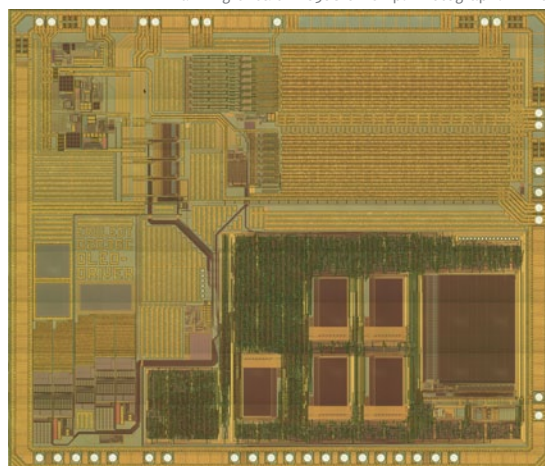
### Development of an OLED driving circuit

The early stages in development were spent in considering how to achieve a system which is both highly efficient and long-lived, what type of control and interface would be necessary, and which of the OLED data would require to be continuously captured. Since OLEDs are not yet an established form of room lighting and sources of information are thus rare, IMMS first undertook long-term investigations, developing a variety of system concepts to be weighed against each other. For the purpose, the Institute characterised the OLED parameters. Among these characteristics are the optical, thermal and, above all, electrical features determining the behaviour of the OLED during operation and influencing its lifetime. They have either not been taken into account at all, or only inadequately, in previous approaches.

It was thus primarily a question of measuring the heat distribution, brightness, spectral distribution, capacitance, and current-voltage characteristic. The next stage was to specify on this basis the requirements for the driving circuit. The circuit schematic shows the system concept which was selected. It is made up of five functional blocks, all controlled by the microprocessor.

In the course of the project, the blocks were individually characterised in order to verify their function. Proceeding in this manner provided exact understanding of the features of each block and led to optimum interaction across the driving circuit.

Fig. 2: Photograph of the OLED driving circuit D2036C on chip. Photograph: IMMS.



## Working principle

The integrated circuit developed at IMMS controls an OLED panel at voltage up to 34 V and current up to 500 mA. At the core of the circuit is a microcontroller unit (MCU) which can modify the control parameters. The control program in the MCU is capable of modification from a serial peripheral interface (SPI). The course followed by the program can be thus freely configured and adapted to the relevant OLED panel. A digital addressable lighting interface (DALI) is the means of controlling the OLED during operation.

The item responsible for the internal electricity supply in the circuit is the bias block. The buck converter is in direct control of the OLED panel. It switches on the OLED current, operating on the principle of a current-controlled step-down converter. The top limit of the OLED current is set by the figure for the resistance  $R_{Sense}$ . The OLED monitoring and protection block serves to monitor the voltage at the OLED and recognises any panel failure, immediately switching off the supply of current.

The sensor interface has integrated thermal and optical sensors for temperature, colour changes and brightness in the OLED panel. The optical sensors rely on the spectral characteristic curve appropriate to the human eye to evaluate the brightness. The appropriate point for the electrical operation of the OLED panel is found by comparing the actual measured brightness with the set value in the DALI. This method enables the brightness of the panel to be kept constant whatever its age or temperature, which, in turn, enables the OLED to work with uniform properties through to the end of its life.

## Future prospects

The ASIC has already been manufactured and is in its test phase. It is to be part of a prototype under current development by IMMS and its research partners, LUCAS GmbH, LUST Hybrid-Technik GmbH and X-FAB AG. The prototype is a module made up of various components, among them the OLED driving circuit

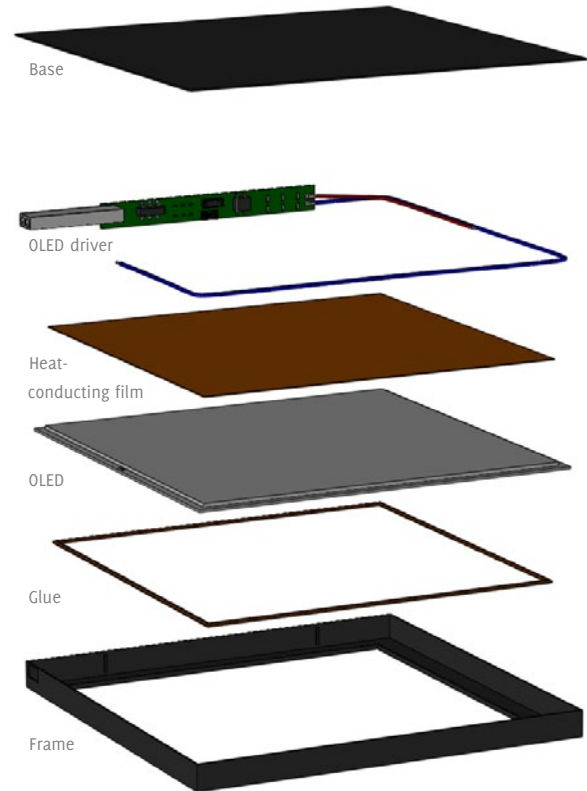


Fig. 3: Components of the OLED module. Diagram: Lust Hybrid-Technik GmbH.

which is on a PCB integrated into the module. The prototype can be plugged in directly to the mains power and regulated from a DALI controller. In the first quarter of 2015, samples will be available.

### Contact

Dipl.-Ing. Michael Meister, michael.meister@imms.de  
Dipl.-Ing. Gerrit Kropp, gerrit.kropp@imms.de

The work that has led to these results received funding from the "Land" of Thüringen and the European Union (EFRE) under the reference 2012 FE 9045. Only the author is responsible for the content of this publication.



## EROLEDT



### OLED-Treiberschaltung für energieeffiziente Beleuchtung

#### Motivation

Organische LEDs (OLEDs\*) werden seit einigen Jahren in Displays von Smartphones oder Fernsehbildschirmen eingesetzt. In der Beleuchtungstechnik stellen OLEDs momentan noch die Ausnahme dar. Dabei ist eine OLED sehr energieeffizient und ca. 60% sparsamer als eine Halogenbeleuchtung. Der physikalische Aufbau einer OLED ermöglicht darüber hinaus eine natürliche Lichtfarbe. Im Gegensatz zur Punktstrahlquelle einer LED ist eine OLED ein diffuses Flächenlicht, das eine geringere Blendwirkung hat und keine zusätzlichen optischen Elemente zur Lichtverteilung benötigt. Sinkende Produktionskosten und steigende Effizienz der OLED-Panels werden in den kommenden Jahren zu einer verstärkten Verwendung dieser Technologie in der Beleuchtungstechnik führen. OLEDs werden damit ein Baustein für effiziente Lösungen sein, mit denen in energieintensiven Sektoren wie der Gebäudewirtschaft Einsparpotenziale genutzt werden können.

Voraussetzung dafür ist eine geeignete Elektronik zur Steuerung und Regelung der OLED. Im Forschungsprojekt EROLEDT wurde am IMMS ein Halbleiter-

Aufbau zur Charakterisierung des am IMMS entwickelten OLED-Treibers im Labor des Instituts. Der auf die Spezifika von OLED-Panels ausgelegte ASIC ermöglicht deren energieeffizienten Betrieb und kompensiert Effekte der OLED-Alterung. Foto: IMMS.

Schaltkreis entwickelt, der auf die Charakteristik von OLED-Panels ausgelegt ist und deren energieeffizienten Betrieb ermöglicht. Das dafür gewählte Ansteuerungskonzept wurde auf die Langlebigkeit der OLED optimiert. Mit den im Schaltkreis integrierten Sensoren werden Effekte der OLED-Alterung kompensiert, da Helligkeiten und Farben auf immer gleich wahrgenommene Werte geregelt werden. Über die DALI-Schnittstelle\*\* kann das OLED-Panel in die Gebäudeautomation eingebunden und der Schaltkreis gesteuert werden.

Bestehende integrierte Lösungen für LED-Beleuchtungen können nicht für OLEDs genutzt werden. Sie können zu deutlichen Effizienzeinbußen oder sogar zur Schädigung der OLED führen. Der Grund dafür ist, dass die Spezifika der OLEDs nicht berücksichtigt werden und entsprechende Regelmöglichkeiten nur unzureichend implementiert sind oder gänzlich fehlen. Dadurch wird beispielsweise die Lebensdauer des Leuchtmittels verringert. So dürfen während des

\*OLED Organic light-emitting diode (Organische Leuchtdioden)

\*\*DALI Digital Addressable Lighting Interface (Protokoll zur Steuerung von lichttechnischen Betriebsgeräten in der Gebäudeautomation)

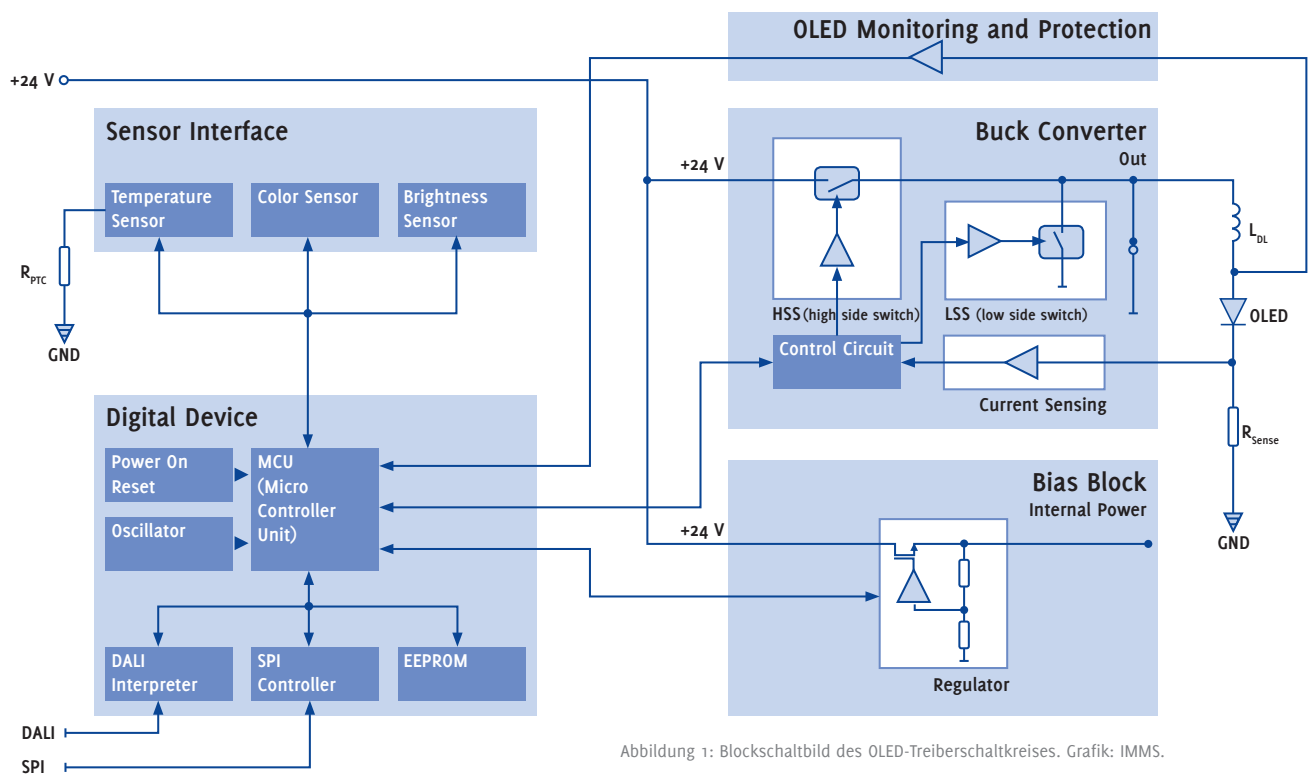


Abbildung 1: Blockschaltbild des OLED-Treiberschaltkreises. Grafik: IMMS.

Betriebes der OLED keine Stromspitzen auftreten, die durch die Ansteuerung mit einem pulswidenmodulierten Spannungssignal entstehen und den Alterungsprozess der OLED beschleunigen. Ursache für große Stromspitzen ist die im Vergleich zur LED sehr große parasitäre Kapazität der OLED, die bei Spannungssprüngen einen erhöhten Stromfluss bewirkt und auf die große Fläche der OLED zurückzuführen ist. Während eine LED bei einem Ausfall ein hochohmiges Verhalten zeigt, stellt sich bei der OLED dagegen ein Kurzschluss ein. Daher muss die Energieversorgung einer OLED sofort abgeschaltet werden, um weitere Schäden durch den erhöhten Stromfluss in der Umgebung der OLED zu vermeiden.

### Entwicklung des OLED-Treiberschaltkreises

Am Anfang der Entwicklung standen Überlegungen, wie ein hocheffizientes und langlebige System zu erreichen ist, welche Steuermöglichkeiten und Schnittstellen erforderlich sind und welche Daten der OLED ständig zu erfassen sind. Da OLEDs als Raumbeleuchtung noch nicht etabliert und Informationsquellen daher noch rar sind, hat das IMMS Langzeituntersuchungen vorgenommen, unterschiedliche Systemkonzepte entwickelt und gegeneinander abgewogen. Hierfür hat das Institut die OLED-Parameter charakterisiert. Dazu zählen optische, thermische und vor allem elektrische Eigenschaften, die das Verhalten der OLED während des Betriebs bestimmen, die Lebensdauer

beeinflussen und in bisherigen Ansätzen nicht oder nur unzureichend berücksichtigt werden. Im Vordergrund standen daher Messungen zur Wärmeverteilung, Helligkeit, spektraler Verteilung, Strom-Spannungs-Kennlinie und Kapazität. Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurden die Anforderungen an einen Treiberschaltkreis spezifiziert. Dessen Blockschaltbild zeigt das ausgewählte Systemkonzept. Es setzt sich aus fünf Funktionsblöcken zusammen, die vom Mikrocontroller gesteuert werden.

Zur Verifikation der Funktionsblöcke wurden diese im Projektverlauf einzeln charakterisiert. Dieses Vorgehen ermöglichte ein genaues Verständnis der Eigenschaften jedes Blocks, so dass ein optimales Zusammenwirken im Treiberschaltkreis gegeben war.

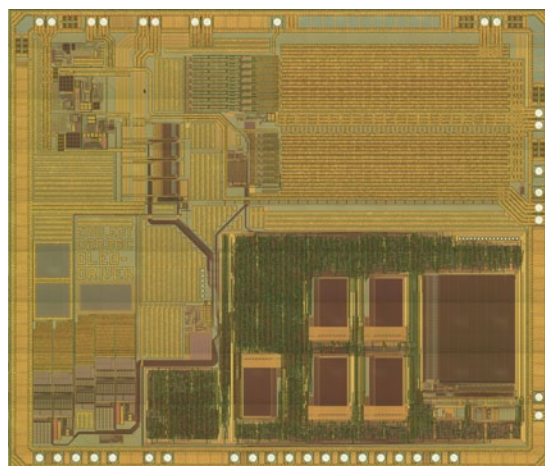


Abbildung 2: Chipfoto des OLED-Treiberschaltkreises D2036C. Foto: IMMS.

## Funktionsprinzip

Der am IMMS entwickelte integrierte Schaltkreis steuert ein OLED-Panel mit einer Spannung von bis zu 34 V und einem Strom von bis zu 500 mA an. Kern des Schaltkreises ist eine Micro-Controller-Unit (MCU), die die Regelungsparameter beeinflussen kann (vgl. Abbildung 1). Das Steuerprogramm der MCU kann durch eine SPI-Schnittstelle (Serial Peripheral Interface) modifiziert werden. Somit ist der gesamte Programmablauf frei konfigurierbar und kann an das jeweilige OLED-Panel angepasst werden. Die Steuerung während des Betriebes erfolgt über einen DALI-Anschluss (Digital Addressable Lighting Interface).

Der Bias-Block ist für die interne Stromversorgung des Schaltkreises zuständig. Die direkte Ansteuerung des OLED-Panels wird durch den Buck-Converter übernommen. Dieser stellt den OLED-Strom ein und arbeitet nach dem Prinzip eines stromgeregelten Abwärtswandlers. Der maximale Wert dieses Stroms wird durch die Größe des Widerstands  $R_{sense}$  eingestellt. Der Funktionsblock OLED Monitoring and Protection überwacht die Spannung an der OLED, erkennt ein Ausfallen des Panels und schaltet die Energiezufuhr sofort ab.

Mit dem Sensor Interface werden Temperatur, Farbveränderung und Helligkeit des OLED-Panels durch integrierte optische Sensoren detektiert. Deren spektrale Charakteristik zur Helligkeitsbewertung ist dem menschlichen Auge nachempfunden. Nachdem die gemessene Helligkeit mit dem über die DALI-Schnittstelle gewählten Zielwert verglichen wurde, wird der elektrische Arbeitspunkt des OLED-Panels angepasst. Auf diese Weise kann die Helligkeit unabhängig von Alter oder Temperatur des OLED-Panels konstant gehalten werden. Die OLED lässt sich so bis ans Ende der Nutzungsdauer mit gleichbleibenden Eigenschaften betreiben.

## Ausblick

Der ASIC wurde bereits gefertigt und befindet sich momentan in der Testphase. Er wird Teil eines Funktionsmusters, das das IMMS gemeinsam mit den Forschungspartnern LUCAS GmbH, LUST Hybrid-Technik GmbH und X-FAB AG erarbeitet. Es wird aus verschiedenen Komponenten zu einem Modul zusammenge-

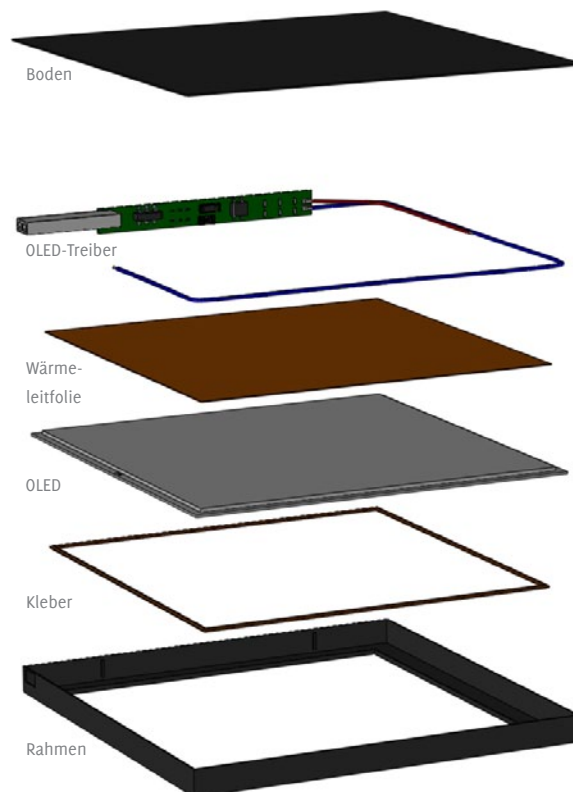


Abbildung 3: Komponenten des OLED-Moduls. Grafik: Lust Hybrid-Technik GmbH.

setzt. Der OLED-Treiberschaltkreis befindet sich dabei auf einer Leiterkarte, die in das OLED-Modul integriert ist. Das Funktionsmuster kann direkt an eine Steckdose am 230 V Wechselstromnetz angeschlossen und über einen DALI-Controller gesteuert werden. Erste Prototypen werden im 1. Quartal 2015 verfügbar sein.

### Kontakt:

Dipl.-Ing. Michael Meister, michael.meister@imms.de  
Dipl.-Ing. Gerrit Kropp, gerrit.kropp@imms.de

Das diesen Ergebnissen zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Freistaates Thüringen und der Europäischen Union (EFRE) unter dem Förderkennzeichen 2012 FE 9045 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

