

LumEnActive: bewegte Projektion mit Anwendungsmöglichkeiten in Fertigung und Entwicklung

Dr. Stefan Rapp, Dr. Irene Weber

1. Zusammenfassung

In unserem Beitrag stellen wir LumEnActive vor, eine neue, projektionsbasierte Anzeigetechnologie. LumEnActive erlaubt das verzerrungsfreie Projizieren von computergenerierter Information auf unterschiedlich ausgerichtete Flächen im Arbeitsraum. LumEnActive projiziert Inhalte auf und neben Produktionsanlagen sowie direkt auf zu fertigende Güter – auf Wände, Arbeitstische, Maschinengehäuse, Motorhauben, Stoffbahnen, den Hallenboden etc. – auch örtlich wechselnd über einen sehr weiten Arbeitsbereich hinweg. Wir beschreiben Systemaufbau und Funktionsweise von LumEnActive sowie vier Anwendungsmöglichkeiten von LumEnActive in der industriellen Praxis.

2. Einleitung

Das Durchdringen der Informationstechnologie in allen betrieblichen Bereichen und ein anhaltender Trend zur Flexibilisierung der Produktion bis hin zur auftragsbezogenen Fertigung hat zur Folge, dass mehr und mehr produktionsrelevante Daten primär elektronisch vorliegen. Für die Weitergabe dieser Informationen an die Mitarbeiter müssen im Produktionsbereich Anzeigemöglichkeiten geschaffen werden, die flexibel nutzbar sind und mit den Arbeitsabläufen verträglich sind.

3. LumEnActive

LumEnActive ist eine Anzeigetechnologie, die auf Projektion mit Digitalprojektoren beruht. Durch die Verwendung von Projektion kann die Hardware außerhalb des unmittelbaren Arbeitsbereichs vorgehalten werden und ist somit vor Einwirkungen von Betriebsmitteln, aber auch vor Beschädigungen durch Werkstücke etc. geschützt. Als Anzeigeflächen können verschiedene, nahezu beliebig ausgerichtete, halbwegs homogene Flächen dienen wie etwa Wände, Arbeitstische und Werkbänke, der Hallenboden, aber auch je nach Größe der zu fertigenden Produkte oder der zu bearbeitenden Materialien, die Produkte oder Werkstücke selbst (beispielsweise Motorhauben, Stoffbahnen, Stahlplatten, Furnierplatten etc.). Auch Abdeckungen von Maschinen sind als Projektionsfläche wegen ihrer homogenen Fläche häufig gut geeignet.

Möglich wird die besondere Flexibilität von LumEnActive durch eine speziell konstruierte, computergesteuerte Reflexionseinheit, die das aus der Projektionsoptik austretende Licht des Projektors in eine nahezu beliebig wählbare Richtung ablenkt und so den Lichtstrahl frei im ganzen Arbeitsraum herumschwenken kann. Die weitere Hardware von LumEnActive besteht aus Standardkomponenten (Projektor, PC mit 3D-Grafikkarte, Maus, Tastatur). Die LumEnActive-Software steuert die Reflexionseinheit an und generiert das Bild für den Projektor so, dass es nach Reflexion am Ablenkspiegel der Reflexionseinheit und dem – im allgemeinen schrägen – Auftreffen auf der Projektionsfläche für den Betrachter unverzerrt erscheint. Der prinzipielle Aufbau des Systems aus Digitalprojektor und PC-gesteuerter Reflexionseinheit sowie die Entzerrung in Software ist mit dem der „Everywhere Displays“ vergleichbar (Pinhanez 2001), bei denen nach einer Kalibrierung zwischen verschiedenen Anzeigeflächen umgeschaltet werden kann.



Abbildung 1: LumEnActive: Projektor und Reflexionseinheit montiert auf Profilschiene

Das Neuartige an LumEnActive ist, dass die Steuerung der Projektionsrichtung mit einer Bildgenerierung in Echtzeit koordiniert erfolgt, so dass die projizierten Inhalte auch während der Bewegung dargestellt werden. Ausgedehnte graphische Darstellungen können damit sukzessive projiziert und interaktiv erkundet werden. Die zugrunde liegende Interaktionsart wurde als „Spotlight Navigation“ (Rapp et al. 2004) beschrieben. Der sich bewegende Lichtstrahl legt also nach und nach die darzustellenden Informationen frei. Dabei kann die Bewegung mit der Maus interaktiv gesteuert oder automatisch von einem Programm vorgegeben erfolgen (Rapp & Weber 2005). Mit LumEnActive kann so der ganze Arbeitsraum mit virtuellen Informationen 'tapeziert' werden, und wenn der Lichtstrahl des Projektors in die entsprechende Richtung fällt, wird die dort hinterlegte Information sichtbar.

Durch diese Fähigkeit konnte für LumEnActive ein durchgängiges, unmittelbar verständliches Bedienkonzept erarbeitet werden. Mit LumEnActive können Grafiken und Bilder der gängigen Formate wie auch Texte frei im Raum platziert werden. Das Festlegen der gewünschten Lage und Größe erfolgt sehr einfach vor Ort interaktiv mit der Maus. Der Bewegungsraum der Maus ist dabei nicht auf den momentan projizierten Bereich beschränkt, sondern sie kann über den ganzen Arbeitsraum hinweg bewegt werden. Der von der Reflexionseinheit abgelenkte Lichtstrahl des Projektors folgt dabei selbsttätig den Bewegungen der Maus und macht das jeweilige Umfeld sichtbar.

LumEnActive erlaubt neben Grafiken, Bildern und Texten auch das Einblenden von im Netz verfügbaren PCs über das VNC-Protokoll, und kann dadurch leicht mit existierender betrieblicher Software integriert werden. Über das Netzwerk werden die Pixel eines realen (oder auch virtuell auf einem Server gehosteten) Windows-, Mac- oder Linux-PCs übertragen und von LumEnActive passend skaliert und entzerrt. So können z.B. Informationen der Fertigungsplanung an allen Orten angezeigt werden, die von einem LumEnActive-System überstrichen werden können. Von den vielen möglichen Anwendungsszenarien für LumEnActive in der betrieblichen Praxis beschreiben wir exemplarisch vier im Folgenden ausführlicher.

4. Anzeige von Messwerten im Arbeitsraum

Mehr und mehr Messgeräte arbeiten PC-basiert und zeigen Informationen am Monitor an. Verbreitet sind heutzutage zum Beispiel Speicheroszilloskope mit integriertem Windows-PC. Aber auch Optische Messsysteme verwenden den PC zur Aufbereitung und Darstellung der Messergebnisse. Nicht immer ist es dabei möglich, die Anzeige günstig im Arbeitsbereich zu platzieren.

Insbesondere bei wechselnden Arbeitsorten, z.B. bei Einstellarbeiten am Fahrwerk sind Wege von und zum PC in der Folge unausweichlich (Grebner 2007). Mit LumEnActive können die Messwerte fast beliebig in den Arbeitsbereich projiziert werden. LumEnActive spiegelt die PC-Inhalte unabhängig vom verwendeten Betriebssystem über das VNC-Protokoll, der komplette Bildschirm oder ein Teil davon kann so, geeignet entzerrt, auf eine Fläche im direkten Blickfeld projiziert werden. Der Bildschirminhalt des Mess-PC kann dabei an beliebig vielen Stellen im Arbeitsraum platziert werden (mehrere Verbindungen eines VNC-Client zum Server). Wenn der Lichtstrahl von LumEnActive diese Clients beleuchtet, wird der aktuelle Bildschirminhalt angezeigt.

Das Verändern der Abstrahlrichtung kann mit einer Funkmaus oder dem Trackpoint einer Projektorfernbedienung erfolgen, oder über Bluetooth von einem beliebigen Bluetooth-Mobiltelefon aus. Auch sind Koppelungen mit anderen Sensortechnologien möglich, beispielsweise kann der Lichtfleck und/oder der Bildschirminhalt stets einem lokalisierbaren RFID-Etikett oder Optischen Marken (Fiducials) folgen. Schließlich ist auch das automatische Verschieben der Projektion nach Erreichen eines bestimmten Messwertes oder ein getakteter Wechsel möglich. Je nach Arbeitsorganisation und Aufgaben lassen sich so direkt an die Arbeitsabläufe angepasste Lösungen implementieren.

5. Augmented Reality (AR): Arbeitsanweisungen direkt vor Ort projizieren

In der Forschung zur Augmented Reality erhalten Head Mounted Displays (HMD) viel Beachtung (Sutherland 1968, Bajura et al. 1992, Feiner et al. 1993). Während HMD ein geeignetes Vehikel für die Forschung sind, zeigen HMD in der Arbeitswelt jedoch auch Nachteile. Es zeigt sich, dass bei längerer Benutzung Ergonomie-Probleme auftreten können. Auch wenn bezüglich des Gewichts in den letzten Jahren Fortschritte erzielt worden sind, so können HMD bei längerem Tragen unangenehm sein. Da die Ansteuerlektronik von der Anzeigeeinheit getrennt ist, muss zu Arbeitsbeginn und -ende ein erheblicher Anlege-/ Verkabelungsaufwand betrieben werden. Falls das Mitführen von mobilen Rechnern nicht möglich ist, oder eine mehrstündige Stromversorgung sichergestellt werden muss, ergibt sich eine Einschränkung der Bewegungsfreiheit durch Kabel oder ein relativ hohes Gewicht durch starke und damit schwere Akkus. Auch ist im Allgemeinen bei HMD mit Einschränkungen im Sichtfeld und im Falle der Kamera-basierten AR mit Latenzen zu rechnen, die die Sicherheit der Arbeitnehmer beeinträchtigen können. Als abschließendes Problem der HMD ist noch zu erwähnen, dass es beim Tragen von HMD zu Übelkeit kommen kann (Geelhoed et al. 2000), vermutlich ähnlich der Seekrankheit dadurch ausgelöst, dass die visuelle Wahrnehmung der Umgebung nicht mit der Gleichgewichtswahrnehmung übereinstimmt. Als Ausweg bieten sich zwei Lösungen an: Zum einen der lediglich vorübergehende Gebrauch von HMD oder in der Hand gehaltener Displays (Fitzmaurice 1993), oder zum anderen die Augmentierung der Umgebung durch Projektion (z.B. Wellner 1993, Rapp & Weber 2005, Bimber & Raskar 2005).

In vielen Arbeitssituationen kann projizierte AR ein HMD ersetzen. Dadurch können alle mit dem Tragen des HMD einhergehenden Nachteile bei Ergonomie und Sicherheit vermieden werden. LumEnActive kann dabei wegen der Steuerbarkeit des Projektionsstrahls ebenfalls über einen sehr weiten Arbeitsbereich hinweg arbeiten. Lediglich die Augmentierung auf sehr heterogene Strukturen gelingt mit

HMD besser als mit Projektion, z.B. die Darstellung eines Texts auf einem Gewirr aus Kabeln oder Rohren. Prinzipbedingt können bei der Projektion im Gegensatz zu der vorherrschenden HMD Architektur keine Bildbereiche komplett mit virtuellen Pixeln ersetzt werden. Bei der projizierten AR müssen für detaillierte Informationen homogene Flächen genutzt werden, auf inhomogenen Flächen (z.B. Kabel/Stecker oder Rohre) ist einfaches farbliches Hervorheben oder Markieren möglich, gegebenenfalls mit Legende auf einer nahen homogenen Fläche.

Die Vorteile von LumEnActive gegenüber HMD liegen in der völligen Ungebundenheit bezüglich Verkabelung und Gewicht, dem uneingeschränkten Sichtfeld und der Vermeidung von 'Seekrankheit'. Projektionsbasierte AR ist eine unaufdringliche Technologie, akzeptabel auch für Gelegenheitsnutzer, und kann in vielen AR-Anwendungen eine sinnvolle Alternative zu HMD sein.

6. Projektion von Plänen im Maßstab 1:1: Fertigung großer Gewerke

Die Möglichkeit des Überstreichens einer sehr großen Fläche, viel größer als der projizierte Bereich eines starren Projektors, eröffnet auch weitere Anwendungen für LumEnActive. Die kanadische Firma Virtek Vision Inc. (jetzt zu Gerber Scientific gehörend) stellt spezielle Laserscanner her, mit denen Pläne von der Hallendecke auf den Boden projiziert werden können. Dabei wird ein Laserstrahl analog zu den zwischen 1960 und ca. 1985 gebräuchlichen Vektorgrafikterminalen nicht zeilenweise, sondern entlang der zu zeichnenden Linien abgelenkt, um zum Beispiel die Lage von Balken oder Verbindern für den Bau von Holzkonstruktionen anzuzeigen. Aus einer Höhe von 4-5 Metern kann so eine etwa 5 x 5 Meter große Fläche überstrichen werden.

Mit einem an der Hallendecke angebrachten LumEnActive können ebenso Pläne im Maßstab 1:1 mit großer Auflösung und sehr viel kostengünstiger auf den Hallenboden projiziert werden. Dabei bietet LumEnActive gegenüber der Laserlösung vollfarbige Darstellungen und geometrisch beliebig komplexe textliche Informationen. Durch die Verwendung von Standardkomponenten können sehr niedrige Investitionskosten erreicht werden. Auch können sehr viel leichter Interaktionselemente in die Darstellung integriert werden. Die Darstellung ist auf die Umgebung um den aktuellen Arbeitsbereich beschränkt, und stört somit nicht in anderen Bereichen. Falls benötigt, kann mit der im folgenden Kapitel beschriebenen Technik über einen zweiten Projektor eine über die komplette Fläche reichende, größer auflösende Übersicht angezeigt werden. Der Arbeitsbereich hat bei LumEnActive zumindest eine vergleichbar große Ausdehnung, auch können problemlos mehrere LumEnActive Systeme kombiniert werden, wenn besonders große Werkstücke wie etwa Tragwerkskonstruktionen für große Hallen etc. hergestellt werden müssen.

7. Arbeiten mit höchstauflösenden Desktops: Fovea- oder Fokus+Kontext-Displays

Für alle derzeit gebräuchlichen Displaytechnologien, gleichgültig ob LCD- oder Plasmasdisplay, DLP-, LCOS- oder LCD-Projektor, gibt es aus fertigungstechnischen und/oder wirtschaftlichen Gründen und im Widerspruch zur gestiegenen Leistungsfähigkeit und stetig wachsendem Funktionsumfang von Computern eine Obergrenze bei der Auflösung. Bildschirmfläche wird dadurch zum knappen Gut. Traditionell wird der Mangel an Bildschirmfläche per Software abgemildert, durch überlappende Fenster, der Verkleinerung zu Icons, hierarchisch aufklappende Menüs, und durch Scrollbalken. Während diese Mittel überhaupt erst den Umgang mit wesentlich größeren Pixelmengen ermöglichen, so ergeben sich durch die abrupt wechselnden Bildschirme, nicht sichtbare Information wie verborgene Menüpunkte etc. auch immer wieder Probleme bei der Bedienung. Obgleich ein Scrollbalken eine visuelle Rückmeldung über den aktuell dargestellten Bereich im Dokument gibt, treten bei nahezu allen Benutzern immer wieder Situationen auf, in

der zumindest temporär die Orientierung in einem größeren Dokument verloren geht. Für viele Bereiche, etwa Technisches Zeichnen oder bei der Arbeit mit Karten und Plänen wären Displaytechnologien wünschenswert, die an die Auflösung von bedrucktem Papier heran reichen würden. Ansätze, mehrere Monitore aneinander zu setzen, haben zum Nachteil, dass die Bildfläche durch Stege unterbrochen ist. Arrays aus Projektoren sind wegen der notwendigen Justage und der notwendigen mehrfachen Signalbereitstellung teuer. Das menschliche Auge besitzt im Zentrum des Sichtbereichs einen Bereich des Scharfen Sehens (Fovea), bei dem die Sehzellen besonders eng beieinander stehen, während im peripheren Bereich die Zellen größer sind und folglich weniger gut auflösen. Analog zu den Bereichen im Auge wurden deshalb Anzeigesysteme mit Bereichen unterschiedlicher Auflösung vorgeschlagen, sogenannte Fovea- oder auch Fokus+Kontext-Displays (Harvey et al. 1979, Baudisch et al 1999, Ashdown 2004, Staadt et al 2006). Dadurch kann an der Stelle, an der gearbeitet wird, eine hohe Auflösung bereitgestellt werden und trotzdem ein, wenn auch schlechter aufgelöster, sehr weiter Bereich für das periphere Sehen bereitgestellt werden.

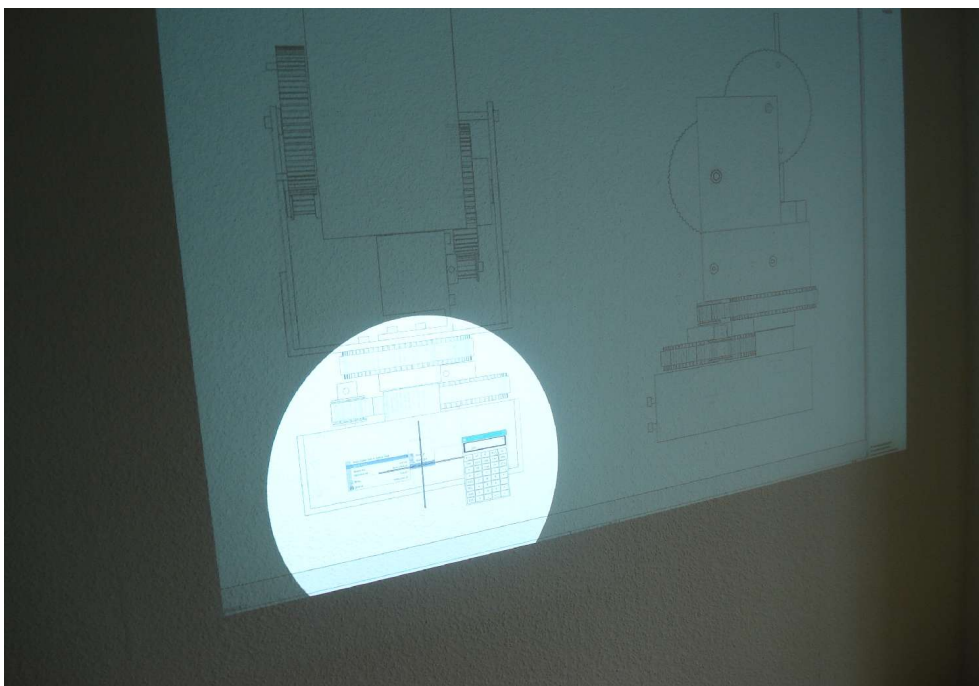


Abbildung 2: Fokus+Kontext-Display

Ein Fovea-Display lässt sich direkt mit LumEnActive realisieren. Mittels eines skalierenden VNC-Clients projiziert ein stationär installierter Deckenprojektor eine grob aufgelöste Übersicht (Kontext-Projektion), zum Beispiel auf 1024x768 Pixel statt 8192x6144 reduziert. Mit LumEnActive wird ein VNC-Client zum gleichen Server mit der Maus platziert und passend zur Überdeckung gebracht. Dabei steht der LumEnActive-Projektor (Fokus-Projektor) näher an der Projektionsfläche und etwas seitlich oder tiefer, um nicht die Kontext-Projektion zu stören. Die Fokus-Projektion ist im Durchmesser dadurch deutlich kleiner als die Kontext-Projektion. Die physikalische Auflösung des Fokus-Projektors sollte in etwa mit der Auflösung des abgedeckten Bereichs übereinstimmen, im angesprochenen Beispiel also etwa acht mal so klein sein wie die Kontext-Projektion. Da der Fokus-Bereich dank LumEnActive den Bewegungen der Maus folgt, wird so stets im Umfeld um den Mauszeiger in voller Auflösung, in der weiteren Umgebung nur mit geringerer Auflösung angezeigt. So kann z.B. präzise an einer CAD Datei gearbeitet werden, oder Teile eines Fabriklayouts oder eines umfangreichen Flussdiagramms diskutiert werden,

ohne dabei die Übersicht zu verlieren, in welchem Bereich des Datenraums man sich gerade befindet.

8. Diskussion

Wir haben exemplarisch vier interessante Anwendungsfelder von LumEnActive aufgezeigt, die im Labor funktionieren, jedoch noch nicht im betrieblichen Alltag eingesetzt sind. Zurzeit sind wir auf der Suche nach Pilotanwendern und F&E-Partnern, die die Möglichkeiten von LumEnActive zur Produktivitätssteigerung im Unternehmen einführen möchten oder in Projekten als Basistechnologie einsetzen wollen. Für LumEnActive spricht, dass das System sehr flexibel für viele verschiedene Anwendungen verwendet werden kann und dadurch für Änderungen im Produktionsablauf offen ist. Auch wenn wir noch keine industriellen Anwendungen vorweisen können, so ist LumEnActive dem Prototypenstatus bereits entwachsen, da das System bereits in anderen Bereichen, und zwar in der Museumsdidaktik, der universitären Lehre und im Marketing eingesetzt wird. Aufgrund der generischen Programmierung lassen sich mit LumEnActive bereits alle vier angesprochenen Szenarien 'out of the box' realisieren. Für eine engere Ankopplung an die betriebliche Infrastruktur können in der Zusammenarbeit zwischen R&D-Partner oder IT-Abteilung des industriellen Anwenders und dem Hersteller im Rahmen von Projekten Integrationsarbeiten bewerkstelligt werden.

9. Literatur

M. Ashdown (2004) Personal Projected Displays, PhD Thesis, University of Cambridge Computer Laboratory, 2004.

Bajura, M., Fuchs, H. & Ohbuchi, R. (1992) Merging virtual objects with the real world: seeing ultrasound imagery within the patient. In Proceedings of the 19th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, pages 203-210. ACM Press, 1992.

Baudisch, P., Good, N., and Stewart, P. (2001) Focus plus context screens: combining display technology with visualization techniques. In Proceedings of the 14th Annual ACM Symposium on User interface Software and Technology (Orlando, Florida, November 11 - 14, 2001). UIST '01. ACM, New York, NY, 31-40.

Bimber, O. & Raskar, R. (2005) Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds. A K Peters LTD (publisher), ISBN: 1-56881-230-2, July 2005.

Feiner, S., MacIntyre, B. & Seligmann, D. (1993) Knowledge-based Augmented Reality. Communications of the ACM 36, 7 (July 1993), 52-62.

Fitzmaurice, G.W. (1993). Situated Information Spaces and Spatially Aware Palmtop Computers. Communications of the ACM, 36(7), 38-49.

Geelhoed, E.N., Falahee, M., & Latham, K. (2000) Safety and Comfort of Eye Glass Displays. in 2nd Int. Symp. on Handheld and Ubiquitous Computing. 2000. Bristol.

Grebner, K. (2007) Virtual Reality und Augmented Reality im Produktentstehungsprozess Innovationen für die Zukunft – Aus Visionen werden attraktive Produkte, Vortrag Kick-off Cluster Visual Computing am 03.05.2007 in Stuttgart.

Harvey, J.F., Chambers, W.S. & Kulik, J.J. (1979) Pilot helmet mounted CIG display with eye coupled area of interest, US patent 4,348,186.

Pinhanez, C. (2001) The everywhere displays projector: A device to create ubiquitous graphical interfaces. In Proc. of Ubiquitous Computing 2001 (UbiComp'01), Atlanta, Georgia, September 2001.

Rapp, S., Michelitsch, G., Osen, M., Williams, J., Barbisch, M., Bohan, R., Valsan, Z., & Emele, M. (2004) "Spotlight Navigation: Interaction with a handheld projection device" In: Advances in Pervasive Computing, PERVASIVE 2004, April 18–23, pp. 397–400, Linz/Vienna, Austria.

Rapp, S. & Weber, I. (2005) LumEnActive: A novel presentation tool for interactive installations, In: 6th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST 2005), November 8–11, Pisa, Italy.

Stadt, O. G., Ahlborn, B. A., Kreylos, O., & Hamann, B. (2006) A foveal inset for large display environments. In Proceedings of the 2006 ACM international Conference on Virtual Reality Continuum and Its Applications (Hong Kong, China). VRCIA '06. ACM, New York, NY, 281-288.

Sutherland, I. E. (1968) A head-mounted three dimensional display, Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I, December 09-11, 1968, San Francisco, California.

Wellner, P. (1993) Interacting with Paper on the DigitalDesk. Communications of the ACM. Vol. 36, No. 7: 87-96, July 1993.

10. Autoren

Dr. Stefan Rapp

Geschäftsführer

Dr. Stefan Rapp

Uhlandstraße 10

78559 Gosheim

Telefon: 07426 933 883

Telefax: 07426 933 882

E-Mail: rapp@lumenactive.de

Dr. Irene Weber

Softwareentwicklung

Dr. Stefan Rapp

Uhlandstraße 10

78559 Gosheim

Telefon: 07426 933 883

Telefax: 07426 933 882

E-Mail: weber@lumenactive.de