

Innovationstage 2009 – Interieur, Infotainment, Mobilität. Inhaltsverzeichnis.

Innovationstage 2009 – Interieur, Infotainment, Mobilität.

(Langfassung) 2

1. Im Auto der Zukunft.

1.1	Das Auto lichtarchitektonisch in Szene setzen.	3
1.2	Der Autositz der Zukunft – innovative Sitzsysteme.	12
1.2.1	Bionik-Sitz: Nach dem Vorbild der Natur.	13
1.2.2	Die Anatomie als Vorbild – der körpergerechte Sitz (Space Comfort Shell).	16
1.2.3	Rückenfreundlich sitzen: der Ergositz.	19
1.3	Die Anzeigen der Zukunft.	23
1.3.1	Das Vollfarb-Head-Up Display – „Bunt“ is beautiful.	24
1.3.2	„Head-Up Display Max“ – mehr als 16:9.	25
1.3.3	„Müssen Displays eigentlich immer schwarz und flach sein?“ – der MINI Center Globe als Inspiration für die Serienentwicklung.	27
1.3.4	Innovative Laser-Technik – am (Licht-)Puls der Zeit.	29
1.4	Aktives Sounddesign – eine neue akustische Erlebniswelt.	32

2. Zukünftiges Infotainment.

2.1	MINI gets connected – die neue Welt des In-Car-Entertainment.	39
2.2	„Rock-Insel“ oder „Jazz-Archipel“? – die MINI Music Map.	47
2.3	Video immer und überall – Personal Video von BMW ConnectedDrive.	50

3. Wegbereiter für die Zukunft der individuellen Mobilität.

3.1	Nachhaltiges Verkehrsmanagement.	54
3.1.1	Wenn Autos mit Ampeln reden – effizient durch Verkehrsdaten.	54
3.1.2	Intermodale Routenführung – das Beste von Allem.	56
3.1.3	TPEG – die Datenrevolution.	58
3.2	Intelligentes Wärmemanagement.	62
3.2.1	Nie wieder Kaltstart.	63
3.2.2	Mit Abgaswärme heizen und Emissionen vermeiden.	64
3.2.3	Strom aus Abwärme – der thermoelektrische Generator.	65



Innovationstage 2009 – Interieur, Infotainment, Mobilität. (Langfassung)

1. Im Auto der Zukunft.

Nähert man sich seinem Auto – besonders nachts – ist der erste Eindruck sobald das Fahrzeug per Fernbedienung entriegelt wird, derjenige der aktivierten Innenbeleuchtung. Dies war der Ausgangspunkt der Lichtdesigner der BMW Group, die sich fragten, was hier mit neuen Technologien möglich ist?

Im Auto angekommen ist der Sitz der unbewusste, aber permanente Begleiter jeder Fahrt. Wie können die Autositze der Zukunft aussehen, wenn sie leichter, aber genauso komfortabel und sicher sein sollen? Als Antwort auf diese Frage entstanden drei unterschiedliche Sitzkonzepte, deren jeweils beste Aspekte in die Serienentwicklung zukünftiger Sitze einfließen.

Informations- und Unterhaltungsfunktionen im Auto nehmen zu. Was müssen Displays in Zukunft technisch können und wie können sie optisch ansprechend integriert werden, um diesen Anforderungen nachzukommen? Unterschiedliche Anzeigeorte fordern neue technische Lösungen – die BMW Group ist hier bestens gerüstet.

Unbewusst, aber effektiv wirkt das akustische Erlebnis auf Fahrer und Insassen. Personalisierte und emotionale Fahrerlebnisse durch aktives Sounddesign bietet der Forschungsprototyp der BMW Group Akustikingenieure.



1.1 Das Auto lichtarchitektonisch in Szene setzen.

Inspiziert von innenarchitektonischer Lichtinszenierung, wurde der komplette Fahrzeuginnenraum lichttechnisch überarbeitet. Denn ähnlich wie in einem Gebäude, kann Licht auch im Fahrzeug Räume strukturieren, Akzente setzen, hervorheben oder verbergen, durch den Raum führen und Stimmungen kreieren. Eine wesentliche Inspirationsquelle war dabei die Zusammenarbeit mit einer starken Partnerfirma, die bislang ausschließlich im Architekturbereich tätig war. Es entstand eine völlig neue Erlebniswelt in einem Auto.

„Das Automobil ist ein Lebensraum. Und den möchten wir mittels Licht so gestalten, dass man sich darin wohl fühlen kann.“

(Hans-Peter Bailer, Projekt „Wertigkeit Lichtdesign“)

Der gleiche Innenraum kann allein durch den gezielten Einsatz von Licht sehr unterschiedlich wirken, beispielsweise beruhigend oder dynamisch. Erreicht wird dies durch eine bestimmte Positionierung von Lichtquellen im Interieur, durch verschiedene Lichtfarben und Lichtintensitäten. So kann theoretisch durch die Beleuchtung jedes Fahrzeug seinen eigenen Charakter auch nachts transportieren und zu einem intensiveren Fahrerlebnis beitragen. Neue technische Lösungen bieten heute und zukünftig größere Gestaltungsmöglichkeiten, die die Techniker ausloten und kreativ einsetzen.

Das neue Konzept verfügt nicht mehr nur über eine zentrale Lichtquelle. Stattdessen beleuchten verschieden positionierte, einzelne Lichtquellen beispielsweise die Säulen des Greenhouse, die Instrumententafel, die Mittelkonsole und den Fahrersitz. Schon die Außenwirkung des neuen Lichtkonzepts ist verblüffend. Öffnet man das Fahrzeug per Fernbedienung, erzeugt das Willkommensszenario bereits durch die Scheiben ein erhabenes und großzügiges Raumgefühl. Steigt der Fahrer ein, steigert sich dieser Eindruck nochmals, alles wirkt hell, angenehm und weiträumig.

„Das Willkommensszenario lädt den Fahrer praktisch ein, Platz zu nehmen.“

(Jan Seeburg, verantwortlich für die räumliche Gestaltung des Innenraums)

Sobald man in den Fahrbetrieb übergeht, unterstützt die Nachtbeleuchtung die Gewöhnung der Augen an die dunkle Umgebung, ohne jedoch das Fahrzeug komplett abzudunkeln. Flächen, Materialien sowie fahrrelevante Informationen und Funktionen sind gleichermaßen dezent beleuchtet und so bestens sichtbar und erkennbar.

Es werde Licht. – Das neue Lichtkonzept.

Bei der BMW Group wird bereits seit einigen Jahren an immer neuen Möglichkeiten zur hochwertigen und angenehmen Beleuchtung des Fahrzeuginnenraums gearbeitet. Als bewusstes Instrument zur Innenraumgestaltung wurde Lichtinszenierung erstmals 1994 im BMW 7er (E38) eingesetzt.

„Wir haben das Licht inszeniert – die indirekte Innenraumbeleuchtung gibt dem gesamten Interieur ein Flair von Großzügigkeit und Eleganz“.

(Dr. Wolfgang Reitzle, der damalige Entwicklungsvorstand über das Lichtkonzept des BMW 7ers)

Aktuelle Beispiele von ambientem Licht finden sich in unterschiedlicher Ausprägung in verschiedenen Fahrzeugen. Ziel dieser Maßnahmen war und ist die Aufwertung des Interieurs hin zu einem emotionalen Raumerlebnis.



Beispiele für Lichtinszenierung im MINI und BMW 5er Gran Turismo – „Licht hat großes Emotionalisierungspotential.“ (Jan Seeburg)

Um einen emotionalen Erlebnisraum zu gestalten, steckt das aktuelle Forschungsprojekt den Gestaltungsrahmen größer als bisher. Ziel sind die Schaffung und Inszenierung eines individuellen und stimmigen Lebensraumes durch Licht. Die Gestaltung eines „Raumes“ ist dabei wörtlich zu nehmen. Inspiriert von innenarchitektonischen Ansätzen entstand ein völlig neues Konzept, das mit einem starken Partner aus der Lichtplanungsbranche umgesetzt wurde.

Die Idee ist, ein differenzierendes Erscheinungsbild für das Fahrzeug zu erzeugen. Je nach Situation und Aufgabe wird der Innenraum durch Licht entsprechend in Szene gesetzt. Bei Begrüßung, Einstieg und Fahrbetrieb zeigt das neue Lichtkonzept unterschiedliche Ausprägungen – jeweils den Anforderungen der Situation entsprechend.

Weit und großzügig – das Begrüßungslicht.

Das Erscheinungsbild zum Willkommen wurde komplett neu gestaltet. Drückt der Fahrer auf den Entriegelungsknopf seiner Fernbedienung, erstrahlt der gesamte Innenraum. Das Greenhouse wird von mehreren Lichtquellen hell und einladend erleuchtet. Die Dachsäulen werden angestrahlt und lassen das Fahrzeug optisch größer erscheinen. Die spezifische Anordnung der Lichtquellen erzeugt eine enorme Tiefenwirkung und lässt auch nach außen ein besonders großzügiges Raumgefühl entstehen.



Willkommensszenario im BMW 1er Versuchsfahrzeug (Quelle: Bartenbach Lichtlabor)

Einstieg leicht gemacht – treten Sie ein und nehmen Sie Platz.

Öffnet der Fahrer die Tür, weist ihm Licht den Weg zu seinem Platz. Ein prominenter Lichtkegel beleuchtet die Sitzfläche des Fahrersitzes, während bei offener Tür die Türbeleuchtung im Fahrzeughimmel den Einstiegsbereich erleuchtet. Sobald der Fahrer Platz genommen und die Tür geschlossen hat, lenken Lichtkegel auf Instrumententafel und Lenkrad sowie das „Erwachen“ des Kombi-Instruments die Aufmerksamkeit auf den Fahrerlebensplatz und unterstreichen das sportliche Ambiente in einem BMW. Für die bevorstehende Fahraufgabe dimmt das Fahrzeug die Beleuchtung. Durch das ambiente Licht wird die fahrerorientierte Innenraumgeometrie betont und der gesamte umgebende Raum wahrnehmbar. Dies vermittelt ein Gefühl von Sicherheit, da der Fahrer so seine Position im Raum, wenn auch unbewusst, deutlich besser wahrnehmen kann.

Ambiente-Beleuchtung – ermüdungsfrei und die Augen schonend.

Neben dem ansprechenden optischen Effekt steht ein weiterer Nutzen hinter dem Konzept. Dezent angestrahlte Flächen reduzieren bei Nacht den Kontrast von Anzeigeelementen, Displays und Fahrbahn zu den dunklen Flächen. So wird die Adaption der Augen, das heißt die Anpassung des Pupillendurchmessers an die Lichtsituation, unterstützt.

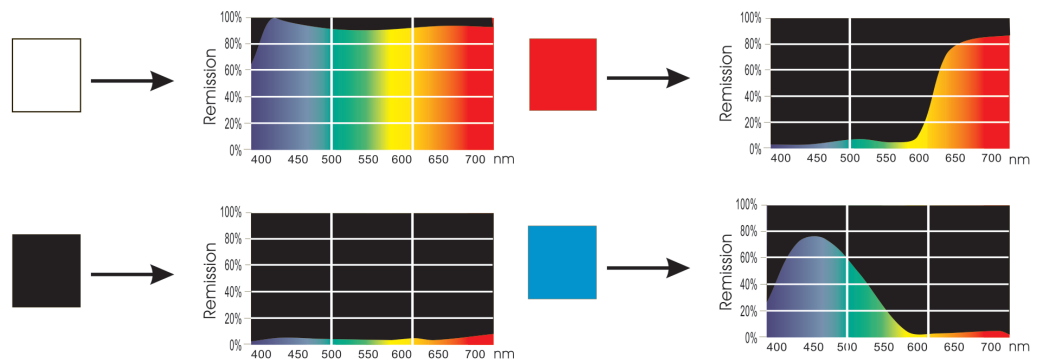
Bei Nachtfahrten ist entgegenkommender Verkehr oft ein Problem. Das helle Scheinwerferlicht blendet sehr stark, besonders wenn man in einem komplett dunklen Fahrzeug unterwegs ist. Deshalb wird selbst im Fahrbetrieb die Innenraumbelichtung nicht komplett ausgeschaltet. Startet der Motor, erhellt die homogen ausgeleuchtete Instrumententafel um das Kombi-Instrument den Innenraum. Von Lichtfarbe und Lichtintensität dem Licht bei Vollmond ähnlich, erleichtert es das Fahren bei Nacht deutlich. Die dezente Innenraumbelichtung unterstützt die Adaption der Augen und macht das Fahren bei Nacht angenehmer, ermüdungsfreier und entsprechend sicherer.

Versuche mit dem neuen Lichtkonzept zeigen, dass der Fahrer durch entgegenkommenden Verkehr weniger geblendet wird und die Instrumente schneller und ermüdungsfreier ablesen kann. Auch irritierende Schlagschatten wurden deutlich weniger wahrgenommen. Weiterführende Untersuchungen sind allerdings noch notwendig, damit die Ideen der Forscher den „Realitätscheck“ bestehen und damit den Startbrief in eine Serieneinführung erhalten.

Charakterspezifische Lichtinszenierung.

Die spezifische Passung der Lichtinszenierung bezüglich Ausstattung und Charakter eines Fahrzeugs bedarf einer besonderen Herangehensweise. Denn Licht ist nicht gleich Licht, je nach Intensität und Farbe lässt es Materialien und Oberflächen unterschiedlich wirken.

Entscheidend für die Farbwahrnehmung von Materialien ist deren molekulare Zusammensetzung. Sie entscheidet darüber, ob Licht reflektiert oder absorbiert wird. Der vom Auge empfundene Farbreiz resultiert aus dem Verhältnis der reflektierten Lichtstrahlung. Weiße Körper reflektieren alle Farbanteile des Lichts, wir sehen jedoch nicht das Licht, sondern nehmen nur das leuchtende Objekt wahr. Weißes Licht, das auf einen grünen Körper strahlt, lässt den Körper deshalb grün erscheinen, weil dieser nur die grünen Anteile, die im weißen Licht enthalten sind, reflektiert. Generell bedeutet das, dass Farben und Oberflächenstrukturen in weißem Licht „authentisch“ wirken, so wie wir es vom Tageslicht her kennen. Deshalb setzen die Ingenieure nun auch auf weißes Licht in der ambienten Beleuchtung. So kann sich auch im Nachtfahrbetrieb die Innenraumwirkung entfalten und den „Erlebnisplatz Auto“ noch besser darstellen.



Remissionsspektrum verschiedener Oberflächenfarben

(Quelle: Ch. Bartenbach & W. Witting: Handbuch für Lichtgestaltung; Springer, Wien 2008; S. 149)

Änderungen der Farbtemperatur des Lichtes können Eigenschaften der Materialien sogar noch unterstreichen. Durch verschiedene Lichtfarben und Lichtintensitäten werden Oberflächen und Materialien in Szene gesetzt und können ihrem Charakter entsprechend besser wirken. Studien zeigen, dass bei einer warmweißen Lichtfarbe die Wirkung von Material genau wie von eigener Haut angenehm und authentisch wahrgenommen wird. Umgekehrt wird die Lichtwirkung natürlich auch durch die Auswahl und Kombination des Materials und dessen Eigenschaften wie Reflexion, Absorption sowie Struktur erheblich beeinflusst.

Momentan laufen bei der BMW Group Versuchsreihen dazu, welche Lichtfarbe zu welcher Ausstattungsvariante passt und die jeweiligen Eigenschaften hervorhebt. Bei einer helleren Ausstattungsvariante beispielsweise lässt ein wärmeres Weiß – ähnlich dem Licht einer Glühlampe (zwischen 2.700 und 3.200 Kelvin) – Naturtöne wie braun oder beige noch angenehmer und intensiver wirken. Bei einer schwarzen Ausstattungsvariante mit Metallleisten dagegen bringt ein kühleres Licht (4.000 bis 5.000 Kelvin) das Technische und das Metallene deutlicher hervor und unterstreicht den technisch-kühlen, sportlichen Charakter.

„Das neue Lichtkonzept eröffnet ganz neue Gestaltungsmöglichkeiten und Ansätze, den Raum in Szene zu setzen.“

(Hans-Peter Bailer)

Mehr Farbe (im) wagen – das Licht der Zukunft.

In aktuellen BMW Modellen ist das ambiente Licht in seiner Lichtintensität bereits auf das jeweilige Interieur angepasst. Es ist zusätzlich dimmbar, damit es von den Kunden je nach „Wohlfühlfaktor“ individuell eingestellt werden kann.

In dieser Hinsicht ist zukünftig durchaus denkbar, sogar zwischen verschiedenen Farbtemperaturen in einem Auto auswählen zu können – je nach Stimmung und Ausstattung. Oder die Beleuchtung im Innenraum könnte von selbst auf die jeweilige Fahrsituation reagieren und sich ändern, je nachdem ob man auf der Autobahn, der Landstraße oder innerhalb einer Stadt fährt. Noch weiter gedacht: Wie wäre es mit einem Auto, dass sich tages- und jahreszeitabhängig in Innenraumfarbtemperatur und -helligkeit dem zirkadianen bzw. zirkannuellen Rhythmus seines Fahrers anpasst?

Der Beleuchtung im und am Fahrzeug kommen in Zukunft deutlich mehr Aufgaben zu, als nur die der reinen erhellenden Funktion. Wenn der Fahrer sein Auto nachts per Fernbedienung öffnet, wird das Licht ihm seinen Weg zum Auto weisen. Er wird es an den beleuchteten Coronaringen, der Vorfeldbeleuchtung sowie dem hell erleuchteten und großzügig wirkenden Innenraum wieder erkennen. Und genauso wird Licht dem Fahrer im Innenraum während der Fahrt ermöglichen, sich zu Hause und in jeder Fahrsituation wohl zu fühlen.

Lichtforschung – Wie entwickelt man gutes Licht?

Bei der Entwicklung des neuen Lichtkonzepts für das nächtliche Erscheinungsbild des Autos orientierten sich die Forschungsingenieure bewusst nicht an bereits Vorhandenem. Im Vordergrund stand die Kreation von etwas völlig Neuem, die Inszenierung des Fahrzeugs als architektonischem Erlebnisraum, der je nach Situation über eine emotionale und gleichzeitig unterstützende Lichtinszenierung verfügt. Dabei sind die Einflussmöglichkeiten ebenso zahlreich, wie die Gestaltungsmittel. Ob die Platzierung von Lichtquellen, der Winkel des einfallenden Lichts, oder der Einsatz verschiedener Lichtfarben und Lichtintensitäten – die Ausprägungen sind vielfältig, das Zusammenspiel der einzelnen Faktoren hoch komplex. Die Herausforderung besteht darin, mittels dieser vielen Stellhebel einen stimmigen Gesamteindruck zu erzeugen.

„Wir befinden uns hier auf einem komplett neuen Weg, hier gibt es keine Fußstapfen, in die man treten kann. Man muss sie selber machen.“

(Hans-Peter Bailer)

Am Anfang stehen klar formulierte Ziele. Abhängig vom Charakter des Fahrzeugs wird ein ausführlicher Anforderungskatalog erstellt. Dieser beinhaltet einerseits übergeordnete Wirkungscharakteristika wie „hochwertig“ und „großzügig“, aber auch konkrete Größen wie beispielsweise Dimmgeschwindigkeiten und Durchmesser von Lichtkegeln. Dann beginnt die schrittweise Umsetzung, für die die Entwickler unterschiedliche Methoden und Werkzeuge nutzen.

Zunächst finden Einzeluntersuchungen im Labor statt. Hier werden gezielt Parameter isoliert und genauer betrachtet. Beispielsweise prüft man, welches Licht ein bestimmtes Material angenehmer bzw. authentischer wirken lässt, oder welchen Einfluss verschiedene Helligkeiten haben. Die Ergebnisse werden dann als interaktive Lichtsimulation in die virtuelle Darstellung der Fahrzeuge übertragen – mittlerweile mit erstaunlich realistischen Ergebnissen.

Lichtsimulation oder: „Wir können hier nahezu alles machen.“

Wie viele Lichtquellen benötigt man, um die angestrebte Lichtwirkung zu erzielen? Wo entfalten diese ihre Wirkung am besten und mit welcher Intensität sollen sie leuchten? Nachdem man diese Fragen lange Zeit nur mit aufwändigen und kostenintensiven Musteraufbauten nachvollzog, lassen sie sich dank Lichtsimulation in der virtuellen Realität nun schnell, flexibel und vor allem kostengünstig klären. Lichtsimulation führt die einzelnen Wirkparameter zusammen und stellt ihr Zusammenspiel dar.

Aus den bereitgestellten CAD-Daten der jeweiligen Fachabteilungen wird das Modell des Gesamtfahrzeugs erstellt und die Lichtinformationen integriert. Auf dieser visuellen Basis können weiterführende Entscheidungen getroffen werden, beispielsweise ob und inwieweit die dargestellten Ideen zu verfolgen sind.

Im Entwicklungsprozess erfüllt die Lichtsimulation gleich zwei Funktionen. Einerseits erlaubt sie ein erstes, dreidimensionales Sichtbarmachen und Abprüfen von Ideen sowie deren Änderung in Echtzeit. Andererseits wird sie zur physikalisch korrekten Darstellung von Beleuchtungsszenarien bis ins letzte Detail genutzt. Damit ist sie die unverzichtbare Vorstufe zum Musterbau, in dem schlussendlich erst die reale Wirkung erkennbar und abschätzbar ist.

Die zwei Funktionen der Lichtsimulation.

In ihrer ersten Funktion macht die Lichtsimulation die Gesamtinszenierung des Fahrzeugs interaktiv erlebbar. Man kann sich in Echtzeit vollkommen frei im Auto bewegen, Lichtquellen anbringen und beliebig verschieben sowie deren Farbe und Intensität ändern. Neben verschiedenen geometrischen Varianten (z.B. Sportlenkrad/normales Lenkrad) lassen sich hier die Materialien und Farben auf den Sitzen und in den Dekorleisten leicht tauschen. Auch ganze Beleuchtungsabläufe werden simuliert und auf das Wirkungsziel im Innenraum hin überprüft. Jeder Inszenierungsschritt, vom Entriegeln des Fahrzeugs bis zum Starten des Motors, ist darstellbar und aus nahezu jedem Winkel zu betrachten. Zwar ist die Darstellung aufgrund des ungeheuren entstehenden Rechenbedarfs physikalisch nicht ganz korrekt, sie vermittelt jedoch einen guten Eindruck – und zwar in Echtzeit.

Um diesen wie oben beschrieben gewonnenen Eindruck auf physikalische Korrektheit zu prüfen, bedient man sich ebenfalls der Lichtsimulation – nur unter anderen Voraussetzungen. Spielt bei der Gesamtinszenierung die flüssige Darstellung in Echtzeit die bestimmende Rolle, geht es hier um eine möglichst realitätsgetreue Darstellung bis ins letzte Detail. Schattenwürfe, Reflexionen und Lichtverläufe im Fahrzeuginnenraum stellen eine große Herausforderung an die Rechenleistung dar. Die Innenausstattung mit Dekorleisten, Türspiegeln, Ledersitzen und Teppichboden umfasst eine Fläche von mehreren Quadratmetern, innerhalb der jeder Quadratzentimeter das Licht anders reflektiert. Deshalb ist momentan eine physikalisch korrekte Darstellung jeweils nur aus einem vorher festgelegten Blickwinkel möglich, z.B. vom Fahrersitz auf den Beifahrerbereich.

Die Rechenzeit für ein Bild ist abhängig von der Komplexität der Szene sowie der gewünschten Qualität und Auflösung. Zu Beginn des Rechenprozesses ist das Bild noch sehr grob und pixelig und wird mit zunehmender Rechenzeit immer feiner. Nach ca. 15 bis 30 Minuten ist der Innenraum schon zu erkennen (Bild links), für ein hochaufgelöstes, scharfes Interieurbild von komplexer Szene mit vielen Lichtquellen (rechtes Bild) läuft die Berechnung auch mal über mehrere Nächte durch. Theoretisch würde die Software die Darstellung unendlich lange verfeinern, wenn nicht der Ingenieur nach einer gewissen Zeit den Prozess anhält, da mit dem bloßen Auge keine weitere Veränderung mehr zu sehen ist.



Durch ein Cluster aus mehreren Rechnern mit mehreren Prozessoren werden diese Zeiten weiter reduziert, wobei Verdopplung der Prozessorzahl in etwa zu einer Halbierung der Rechenzeit führt. Bei der Berechnung können sehr große Datenmengen anfallen, ein einzelnes Bild hat aktuell einen Umfang von mehreren Gigabyte.

Ein gewisses Maß an Interaktivität ist auch in dieser Darstellung möglich. Die Perspektive selbst lässt sich zwar nicht ändern, jedoch sind die Intensitäten für alle angelegten Lichtquellen einzeln regelbar. So kann man innerhalb des Standbildes physikalisch korrekt überprüfen, welche Wirkung eben jene Position der Lichtquelle in dieser Intensität hat. Das gilt für jede einzelne Lichtquelle, wie auch für den Gesamteindruck.

Die beiden Funktionen der Lichtsimulation ergänzen sich perfekt. Einerseits hilft die Bewegung im Fahrzeug in Echtzeit, die Wirkung von Lichtquellen und deren Positionierung und Inszenierung zu bestimmen. Andererseits dient die physikalisch korrekte Darstellung als wichtiges Instrument zur Absicherung der Echtzeitdarstellung.

„Wir arbeiten mit dem Besten aus beiden Welten.“

(Dr. Tim Burkert, Lichtwirkung in Virtual Reality)

Powerbench

Mathematisch ist jede Lichtsituation beschreibbar. Für die Visualisierung dieser komplexen Simulationen benötigen die Ingenieure große Rechenleistung und eine optische Ausstattung auf höchstem Niveau. Auf der so genannten „Powerbench“ wird die zwei- und dreidimensionale Darstellung möglich – und das in vierfacher „Full-HD“-Auflösung.

„Wir sind hier technisch auf dem allerneuesten Stand, um die Zukunft heute schon sichtbar zu machen.“

(Dr. Tim Burkert)

Mehrere, miteinander verbundene Rechner liefern die notwendige Rechenleistung und bereiten das Bild für die Großprojektion (5,6m x 2,7m) auf. Hochauflösende Beamer machen die aufbereiteten Daten in Verbindung mit 3D-Brillen und Infrarot-Tracking beinahe greifbar. Dank dieser Voraussetzungen erreicht die Darstellung an der Powerbench bereits fotorealistische Qualität und macht die Simulationen damit sehr aussagekräftig.

1.2 Der Autositz der Zukunft – innovative Sitzsysteme.

Ein Fahrzeugsitz ist längst nicht mehr nur ein einfaches Gestell mit einem gepolsterten Bezug aus Stoff oder Leder. Der Sitz muss heutzutage vielen Ansprüchen gerecht werden – die Sicherheitsanforderungen werden strenger, die Komforterwartung der Kunden höher. Und ein Sitz soll, trotz unterschiedlichster Physiognomien der Fahrer, für alle gleichermaßen ergonomisch, bequem und sicher sein.

Die vielfältigen Anforderungen machten die Autositze in den vergangenen Jahren beständig aufwändiger. Nach und nach wurde der Sitz zu einem komplexen Hightech-Gerät, das mit bis zu 18 Motoren zahlreiche Einstellungsmöglichkeiten und Komfortfunktionen gewährleistet. Daher beanspruchen Autositze inzwischen erheblichen Bauraum im Auto und weisen mit bis zu 36 Kilogramm ein signifikantes Gewicht auf. Anders ausgedrückt: in den Sitzen steckt ein erhebliches Potential zur Gewichts- und damit zur Verbrauchsreduzierung.

Das Ziel der neuen Sitzkonzepte war klar gesteckt: Bauraum zurück zu gewinnen, das Gewicht zu senken und so den Verbrauch. Die Herausforderung bei den neuen Konzepten lag jedoch darin, weiterhin den gewohnten Komfort und die nötige Crashesicherheit zu gewährleisten. Die einzigen Einsparungen sollten beim Gewicht liegen.

Konventionelle Lösungen in Frage stellen.

Um in der Sitzentwicklung auch alle Möglichkeiten zu berücksichtigen und gewohnte Denkmuster aufzubrechen, forschen die Ingenieure der BMW Group parallel in verschiedene Richtungen. Losgelöst von den Vorgaben der Serienentwicklung hinterfragen die Forschungsingenieure bewusst die bisher üblichen Sitzkonstruktionen und verfolgen dabei völlig neue Denkansätze. Auch Physiotherapeuten und Orthopäden sind in der Entwicklung involviert, denn die Prämisse dieser Arbeit ist klar definiert: Ein moderner Autositz muss sich den Bedürfnissen des Menschen anpassen und nicht umgekehrt!

„Bei allem was wir tun, ist der Mensch das Maß.“

(Matthias Franz, Sitzentwickler)

Auf ihrer Suche nach dem Autositz der Zukunft orientieren sich die Ingenieure deshalb an der Anatomie des Menschen sowie an der Natur und finden hoch interessante Lösungsansätze, die in unterschiedlichen Sitzkonzepten erstmals Gestalt annehmen. Die Kompetenzen und Synergien der einzelnen Fachstellen im Unternehmen nutzend, entstanden aus den bisherigen Untersuchungen drei neue Sitzkonzepte. Obwohl diese durch teilweise unterschiedliche Herangehensweisen entstanden sind, zeigen sie alle deutlich das Potential, das in der weiteren Sitzentwicklung liegt.

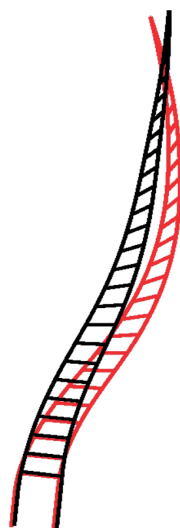
1.2.1 Bionik-Sitz: Nach dem Vorbild der Natur.

Die Natur hat über Jahrtausende hinweg für jegliche Anforderung eine passende Lösung hervorgebracht und weiter perfektioniert. Ob hochstabiler Leichtbau bei Knochen, strömungsgünstige Oberflächen wie die Haut eines Haifischs oder die perfekte Aerodynamik von Vögeln – die Natur bietet einen enormen Fundus an ausgeklügelten „technischen“ Lösungen. Was liegt also näher, als sich die Natur auch in der Technik als Vorbild zu nehmen?

Genau damit beschäftigt sich die Bionik. Die Herausforderung besteht hier jedoch nicht nur darin, diese Wirkprinzipien zu erkennen, sondern sie dann auf geeignete Kontexte zu übertragen. Wie dies erfolgreich funktionieren kann, zeigen die Ingenieure der BMW Group Forschung und Technik mit dem aus dem Fin Ray Effekt abgeleiteten bionischen Sitz.

Der Fin Ray Effekt – von Natur aus gut.

Fischflossen verhalten sich unter seitlicher Druckeinwirkung unerwartet: Drückt man mit dem Finger leicht gegen die Schwanzflosse einer Forelle, so knickt diese nicht in Druckrichtung weg, sondern die Flosse bewegt sich entgegen der Druckrichtung zum Finger hin. Diese Funktionsumkehr bei seitlicher Krafteinwirkung bezeichnet man als „Fin Ray Effekt“ (Flossenstrahleffekt). Er beruht



auf der besonderen Struktur der Flosse. Sie besteht aus zwei flexiblen Streben, die an der Spitze zusammenlaufen und dort fest verwachsen sind. Zwischen den zwei biegeelastischen Flanken befinden sich Querstreben, welche die Flanken auf Abstand halten und elastische Bewegungen ermöglichen.

Eben dieses Prinzip wurde in der Lehne des bionischen Sitzes realisiert. Zwei „Organobleche“ (Platten aus flexiblem, thermoplastischem Glasfaserverbundwerkstoff) bilden die äußeren Begrenzungen, während kleine, flexibel gelagerte Streben diese beiden Flanken miteinander verbinden. Dabei hat das Fin Ray Prinzip gleich zwei Wirkungen. Einerseits

gewährleistet der Aufbau eine progressive Elastizität, die zunächst nachgibt, dann aber immer härter wird und zunehmend auch stützt. Auf der anderen Seite nutzt die Lehne die besondere Eigenschaft des Fin Ray Effekts – die Funktionsumkehrung eines Krafteinflusses – wie einen dynamischen Hebel. Verschieben sich die beiden Flächen zueinander, beispielsweise durch Druck in der Mitte des Sitzes, erreicht man eine Zustellung der Lehne. Lehnt sich der Fahrer also nach hinten, stützt die Lehne im Lendenwirbelbereich, gibt im Schulterbereich bis zu einem gewissen Grad nach und das Nackenpolster verkürzt wiederum den Abstand zum Kopf.

„Unsere Fin Ray Lehne sorgt einerseits für die individuelle Anpassung an den Fahrer und ist andererseits stabil genug für einen Crash.“

(Thomas Klawitter, BMW Group Forschung und Technik)

Platz nehmen und wohl fühlen – Komfort für Fahrer und Mitfahrer.

Durch den flexiblen Aufbau passt sich die Lehne genau an den Körper des Fahrers an, ohne eine spezielle Nachjustierung. Motoren oder Einstellmechanismen sind überflüssig, der Prototyp kommt ohne jegliche Elektronik aus. Trotzdem bietet der bionische Sitz einen sehr hohen Komfort, gerade im sensiblen Rückenbereich. Dank der Flexibilität der Fin Ray Konstruktion bewegt sich die Wirbelsäule stärker als bei herkömmlichen Sitzen. Die Rückenmuskulatur wird aktiviert und die Wirbelsäule besser durchblutet. Damit unterstützt der bionische Sitz eine flexible Wirbelsäule mit entlasteten Bandscheiben und einer lockeren Rückenmuskulatur – wichtige Voraussetzungen für entspanntes Autofahren.

Die Sitzkonstruktion stützt nur die Stellen ab, die im Körper auch Stützung brauchen. Daher sind, neben dem auffallend schmalen Lehnenaufbau, nur im Schulter- und Lendenwirbelbereich Polster zur seitlichen Unterstützung angebracht. Diese umschließen den Fahrer quasi und sorgen so für den nötigen Seitenhalt. Die Flächen zwischen den einzelnen Polstern wurden bewusst frei gehalten. Dies trägt zu einem höheren Klimakomfort bei, da die Auflagefläche des Rückens deutlich kleiner und somit die passive Belüftung besser ist als bei einem herkömmlichen Sitz.

Der schmale Lehnenaufbau spart nicht nur Gewicht sondern auch Bauraum. Der Platzgewinn für die Fondpassagiere ist erheblich, da die Lehne links und rechts von den Beinen umschlossen werden kann. So vergrößert sich die Beinfreiheit, was bei kleineren Fahrzeugen den Fondbereich deutlich aufwertet. Insgesamt verleiht die besondere Lehnkonstruktion dem funktionsintegrierten Bionik-Sitz eine außergewöhnliche und luftige Optik, mit der er sich stark von allem bislang Gewohntem abhebt.

Funktionsintegration spart Gewicht.

Der intelligente Materialeinsatz ermöglicht konsequente Leichtbauweise bei voller Funktionsintegration. Die so genannten Organobleche, ein Verbundwerkstoff in dem ein unidirektionales Glasfasergewebe in Thermoplast eingelassen ist, bilden die Basis für den Lehnenaufbau. Diese Platten sind metallähnlich zu verarbeiten, sie können erwärmt und in beinahe jegliche Form gepresst werden. Danach bleiben sie formstabil, bieten aber immer noch die Flexibilität, die das Material vorgibt. Ein großer Vorteil des Materials ist, dass im gleichen Werkzeug auch die Einspritzung der verbindenden Streben möglich ist. So entsteht ein perfekter Werkstoffschluss.

„Das Besondere an diesem Sitz ist die wirklich gelungene Funktionsintegration.“

(Thomas Klawitter)

Während in heutigen Fahrzeugsitzen noch ein Stahlrahmen für Stabilität und Schaumstoff mit Federmatte für Komfort sorgen, integriert das neue Sitzkonzept zwei Bauelemente zu einem – bei gleicher Funktionalität. Die schmale Lehne und das Fin Ray Prinzip ermöglichen Elastizität, Stabilität und Komfort in einem einzigen, leichten Bauelement.

Durch die Verwendung von Verbundwerkstoffen, den geringeren Polsterbedarf und die Funktionsintegration ist allein mit der Lehnkonstruktion ein Gewichtsvorteil gegenüber herkömmlichen Sitzen von etwa 20 Prozent möglich.

Allen Anforderungen gerecht.

Die neuen Materialien erlauben die Gratwanderung zwischen einer stabilen sowie gleichzeitig komfortablen Lehnabstimmung und sorgen darüber hinaus für ein intensiveres Fahrerlebnis. Beim Beschleunigen wird der Fahrer in den Sitz gedrückt, der zunächst nachgibt und ihn dadurch mehr umschließt. Gleichzeitig absorbiert die Lehne leichte Stöße. Durch die aufwändige Absicherung über statische und dynamische Fahrversuche konnte die optimale physiognomische Passung sichergestellt werden. Damit bietet der bionische Sitz Sicherheit und Komfort für jedes Fahrerprofil.

„Uns war besonders wichtig, alle möglichen Fahrerperzentile zu berücksichtigen, damit der Sitz wirklich für jeden passt.“

(Thomas Klawitter)

Zudem erfüllt der Sitz in der Simulation bereits die meisten Craschanforderungen bezüglich Stabilität und Verformung. Ein weiterer Vorteil der Lehnkonstruktion ist die Funktionsintegration der crashaktiven Kopfstütze. Denn die Kinematik des Fin Ray Systems wirkt beim Heckaufprall dem so genannten Whiplash-Effekt, auch Peitschenschlagsyndrom genannt, entgegen. Wird der Fahrer beim Aufprall in die Sitzlehne gedrückt, bewegt sich das Oberteil der Lehne auf den Kopf zu und verhindert, dass dieser nach hinten pendelt. Zudem ist die Integration von Seitenairbags denkbar, sowie die Realisierung von Komfortfunktionen wie Sitzheizung, Lordosenstütze oder Lehnbreitenverstellung möglich.

Das allerdings genügt den Forschern noch nicht. Durch das neue Konzept mit schmaler Lehne und einzelnen Seitenpolstern kam den Forschern eine weitere Idee: Die jeweiligen Polster können bequem und einfach ausgetauscht werden. Neue Farben, neue Stoffe oder sogar Leder lassen sich damit schnell und günstig – entsprechend dem Kundenwunsch – realisieren, ohne den kompletten Sitz aufwändig umzupolstern.

1.2.2 Die Anatomie als Vorbild – der körpergerechte Sitz (Space Comfort Shell).

Für das Sitzkonzept der körpergerechten Sitzschale (Space Comfort Shell) stand zunächst nicht der Sitz im Fokus, sondern der Mensch. Die Ingenieure gingen der Frage nach, wie ein Sitz aussieht, der den Menschen als Ausgangspunkt hat und um dessen Sitzbedürfnisse herum entwickelt wird. Daher wurde bei diesem Sitzkonzept die sonst übliche Entwicklungsrichtung umgekehrt. Hier ging es nicht erst zur Entwicklung an den Computer, um das Ergebnis später mit Menschen abzugleichen, sondern gleich an den Menschen – erst dann an den Computer.

Die Vorgabe war, einen sehr leichten und dünnen Sitz zu entwickeln, der trotzdem für jeden bequem ist. Ein Sitz der sowohl für sehr kleine und leichte als auch für große und schwere Menschen gleichermaßen passt. Je dünner ein Sitz ist, desto mehr muss er mit dem Körper kongruieren, da der Fahrer sonst Druckstellen spüren würde. Die Herausforderung für die Ingenieure bestand darin, alle Anforderungen gleichzeitig zu erfüllen und einen dünnen wie leichten Sitz zu entwickeln, der für alle Fahrer gleich komfortabel ist – unabhängig von dessen Statur oder Körperproportionen.

„Eine Sitzschale für möglichst viele Menschen gleichermaßen komfortabel zu gestalten war bisher scheinbar unmöglich – wir haben es geschafft.“

(Matthias Franz, Projektleiter Sitzschale)

Das Vorbild ist der Mensch.

Auf dem Weg zu einem neuen Sitzkonzept wurde zunächst das Sitzprofil zahlreicher Probanden von sehr unterschiedlicher Statur erfasst. Mit verformbaren Vakuummatratzen, wie sie bei der Rettung von Schwerverletzten als Ganzkörperschiene zum Einsatz kommen, konnten die Ingenieure die Sitzabdrücke „aufzeichnen“ und konservieren. Die Vakuummatratze hat die besondere Eigenschaft, sich optimal an den Verletzten anzupassen und gleichzeitig auch zu stützen. Wird der Patient hineingelegt, ist sie zunächst weich, da sie mit Luft und losen Styroporkugeln gefüllt ist. Dann wird die Luft langsam abgelassen und der Patient schafft sich durch sein Eigengewicht die Kontur, die er braucht. Im komplett evakuierten Zustand stützt die besondere Füllung aus Styroporkugeln dann sehr gut ab und bettet ihn ein.

Um an die Sitzabdrücke zu kommen, legten die Ingenieure die Matte auf ein Sitzgestell und ließen die Versuchspersonen Platz nehmen. Betraut mit einer simulierten Fahraufgabe, „zeichneten“ die Probanden ihre Sitzkontur in die Matte. Durch das Luftablassen wurden die Sitzabdrücke konserviert, dann mittels Laserscanner digitalisiert und 1:1 ins CAD übertragen. Anschließend überlagerten die Entwicklungsingenieure alle Konturencans. Auf Basis der erhobenen Daten entstand eine Sitzschale, die den körperlichen Anforderungen aller Autofahrer größtenteils gerecht wird.



„Wir haben ganz besonderes Augenmerk auf die repräsentative Auswahl unserer Versuchspersonen gelegt, denn dieses Kriterium ist erfolgsentscheidend.“

(Ümit Kilincsoy, Doktorand im Projekt Sitzschale)

Um eine Repräsentativität der Daten sicherstellen zu können, wurden nahezu alle möglichen Körperproportionen und -ausmaße berücksichtigt. Dabei achteten die Ingenieure auch auf verschiedene Ausprägungen innerhalb einer Körpergröße, wie beispielsweise ein kurzer Torso mit langen Beinen (Sitzzwerg) oder umgekehrt (Sitzriese). Daher bietet die Schale selbst ohne jegliche Polsterung bereits erstaunlich hohen Sitzkomfort. Für die Feinabstimmung im täglichen Einsatz entschieden sich die Ingenieure aus Gewichts- und Platzgründen gegen herkömmliche Polster. Denn die letzte Maßanpassung erledigt eine besondere Auflage.

Druck aufbauen und ablassen.

Die Auflage besteht aus verschiedenen Luftpolstern, die jeweils ein netzartiges Nylongewirke (Mesh) beinhalten. Dieses Gewirke reagiert weich auf punktuelle Belastung, großflächigen Druck verteilt es dagegen sehr gut ohne zu stark nachzugeben. Durch seine grobe Struktur ist das Gewirke zudem atmungsaktiv und wird in kleinerem Umfang bereits in den BMW Klimasitzen eingesetzt.

Für die letzte Anpassung an den Körper griffen die Ingenieure ein Verfahren auf, das in der Medizintechnik zur Stabilisierung von Verletzten eingesetzt wird. Dafür wird zunächst die Luft aus den Luftpolstern der Sitzauflage abgesaugt. Wie in der Rettungsmatte, sorgt auch hier das integrierte Gewebe dafür, dass der Körperabdruck erhalten bleibt. Dann jedoch wird wieder etwas Luft hinein gepumpt, um die freien Stellen aufzufüllen und den Fahrer noch besser zu stützen. Der Sitz umschließt den Körper, stützt ihn ab und gibt ihm Seitenhalt. Damit passt er sich der individuellen Anatomie des Fahrers an, auch wenn dieser seine Position während der Fahrt verändern sollte. Insgesamt hält die Form jedoch nur so lange, bis das Ventil wieder geöffnet wird. Da das Gewebe über eine sehr hohe Rückstellkraft verfügt, geht es sofort wieder in seine Ausgangsposition zurück.

Zusätzliche Optionen sind denkbar.

In diesem innovativen Sitzkonzept steckt viel Potential. Dabei bietet es nicht nur den Designern neuen Spielraum. Zukünftig wäre es durchaus denkbar, die Luftkissen an bestimmten Stellen bewusst aktiv aufzupumpen. So wäre beispielsweise eine adaptive Konfiguration des Sitzes denkbar. Per Knopfdruck könnte der Kunde eine situationsgerechte Sitzcharakteristik wählen bzw. das Fahrzeug würde diese automatisch einstellen. Anhand von Fahrzeugdaten wie Lenkradwinkel, Geschwindigkeit sowie Längs- und Querschleunigung könnte sich der Sitz aktiv an die Fahrsituation anpassen. So kann ein einziger Sitz sowohl Sportsitz sein, der auf einer kurvigen Passstraße viel Seitenhalt bietet, als auch Komfortsitz, der mit aktiver Wirbelsäulenunterstützung die lange Fahrt auf der Autobahn angenehmer gestaltet.

„Alle Komfortfunktionen sind ohne weiteres integrierbar.“

(Matthias Franz)

Da die Pneumatik zur Konturanpassung bereits vorhanden ist, lassen sich verschiedene zusätzliche Funktionen einfach realisieren. Die voneinander getrennten Luftkissenbereiche in der Sitzauflage könnten bereits bekannte Komfortfunktionen wie Massage, die Verstellung der Lehnen- und Sitzflächenbreite, die Lordosenunterstützung oder die aktive Lehnenbreitenverstellung erfüllen. Darüber hinaus ist eine individuelle Anpassung an die Rückenform des Fahrers möglich.

Da dies alles rein über Luft bewerkstelligt wird, sind keine sonstige Verstellmöglichkeiten oder zusätzlichen Motoren mehr nötig. Die Schale passt einfach. Lediglich Lehnenneigung und Sitzposition sind noch verstellbar. Insgesamt erreicht die Sitzschale mit Auflage im Vergleich zum BMW Multifunktionssitz mit dessen 18 Motoren momentan eine Gewichtsersparnis von rund 50 Prozent.

Was die Zukunft bringt.

Momentan arbeiten die Ingenieure bereits intensiv an der Integration der Crashanforderungen. Die im Prototyp realisierte Rohrkonstruktion als Lehnenstütze, gewährt neben mehr Sicherheit ein einzigartiges Raumgefühl im Fond – bis zu 50 Millimeter mehr Beinfreiheit werden damit gewonnen. Blindtests zeigen bereits den Komfortgewinn durch die Sitzschale. Im statischen Kurztest schnitt die Sitzschale bei den Probanden bisher ebenso gut ab wie der bestehende BMW Komfortsitz.

1.2.3 Rückenfreundlich sitzen: der Ergositz.

Auf der Suche nach einem neuartigen Sitzsystem, das den anatomischen Grundbedürfnissen eines Menschen entspricht, vereint das Vorentwicklungsprojekt „Ergositz“ Ansätze und Erkenntnisse des bionischen Sitzes und der ergonomischen Sitzschale mit einem ansprechenden Design. Durch intensiven Austausch mit den Kollegen der anderen Projekte wurde der Sitz bereits während der Konzeption ständig verbessert.

Vom Rotorblatt zum Sitzgerüst.



Für das Grundgerüst des Ergositzes orientierten sich die Ingenieure des LITZ, des Landshuter Innovations- und Technologiezentrums, zunächst am menschlichen Skelett. Eine Art Wirbelsäule bildet das Grundgerüst des Ergositzes. Angeregt durch die Kinematik von speziellen Helikopter-Rotorblättern, die zur Verstellung nur in Form gebogen und ohne Gelenke realisiert werden, entstand die Idee für die Umsetzung der

Skelettstruktur mittels Organoblechen. Diese können einfach der Körperform entsprechend gebogen werden – auch hier sind keine Gelenke nötig. Ein weiterer Vorteil des Materials ist seine progressive Flexibilität. Somit stützen die Organobleche einerseits den Fahrer gut ab, passen sich aber dennoch aktiv der Kontur des Körpers an.

Zwei Funktionen in einer – der Fin Ray Effekt.

Bei der Verstellung der Lehnenbreite nutzen die Ingenieure auch den, schon beim Bionik-Sitz verwendeten, Fin Ray Effekt – hier jedoch für eine andere Aufgabe. Durch seine besondere Geometrie bewirkt er, wie bei einer Getriebeübersetzung, dass durch einen vergleichsweise geringen Verstellweg von acht bis zehn Millimeter in der Lehnenmitte eine große Veränderung von bis zu 40 Millimeter an den Seitenwangen erzielt wird. Aufgrund der geringen Verstellkraft können kleine und leichte Antriebe zum Einsatz kommen.

Durch ihre innere Struktur sorgen die Seitenstützen zusätzlich für adaptiven Seitenhalt. Je stärker der Fahrer durch die Querbeschleunigung in die Seitenwangen gedrückt wird, desto stabiler halten sie den Fahrer. Gleiches gilt für die Längsbeschleunigung: Wird der Fahrer stärker in der Rückenlehne hinein gedrückt, umschließen die Seitenelemente seinen Körper noch besser. Durch seine nachgiebige Tragstruktur verhält sich der Ergositz während der Fahrt nicht starr, sondern er reagiert auf jede Situation. Fährt man langsam durch eine Kurve, bleibt der Sitz relativ weich, die Seitenteile und das Polster geben nach. Bei sportlicher Kurvenfahrt dagegen verhärtet der Sitz und stützt den Fahrer. Damit bietet der Sitz allein durch seine Konstruktion Sportlichkeit und Komfort.

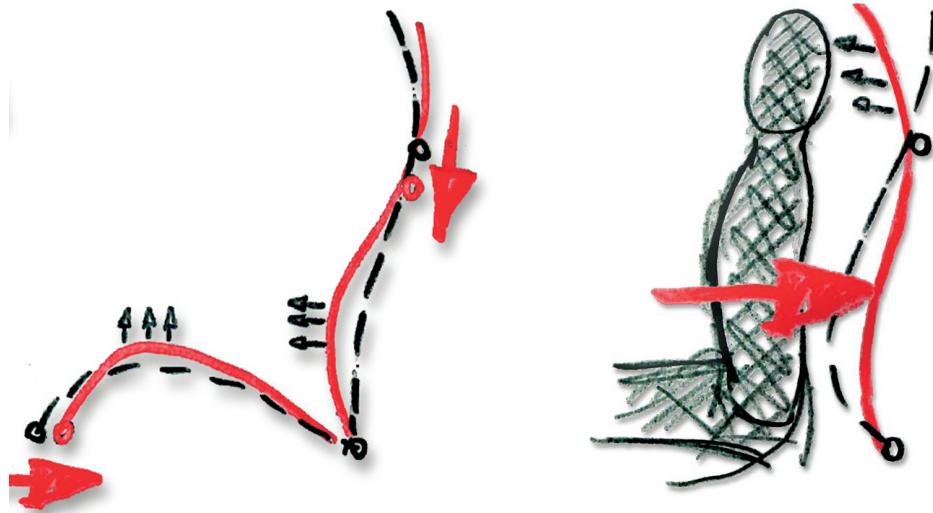
„In den bisherigen Fahrversuchen waren unsere Probanden sehr von dem völlig neuartigen und intensiveren Fahrgefühl angetan.“

(Andreas Müller, Sitzexperte im LITZ)

Flexible Struktur mit progressiver Federwirkung.

Neben dieser selbsttätigen Anpassung kann der Insasse auch eine individuelle Voreinstellung vornehmen. Die Konturverstellung der Lehne erfolgt durch Dehnen und Stauchen der Stützstruktur. Auch die Ausprägung der Lordosenfunktion ist hierüber steuerbar. Wird die Lehnenstruktur gestreckt, erhält der Fahrer weniger Unterstützung im Lendenwirbelbereich, bei Stauchung der Lehne dagegen mehr.

Die Adaption der Sitz- und Lehnenbreite wird zum Teil durch die Flexibilität der Kunststoffteile erreicht. Darüber hinaus kann der Fahrer die Umschließung durch die seitlichen Lehnenelemente zusätzlich über den Verstellmechanismus im Rückenteil individuell einstellen. Fahrtests bestätigten den positiven ersten Eindruck. Der Sitzkomfort wurde von den Probanden sehr positiv bewertet und selbst nach längeren Fahrstrecken war die Neigung zu Verspannungen geringer als bei herkömmlichen Sitzen.



Konturverstellung der Lehne

Integration des Prinzips der crashaktiven Kopfstütze

Sitzkomfort – aber sicher.

Natürlich ist auch bei diesem Sitzkonzept die Crashesicherheit virtuell nachgewiesen. Die flexible Sitz- und Lehnenkonstruktion ist beweglich in einem stabilen Rohrrahmen aufgehängt, der auch bei der Space Comfort Shell zum Einsatz kommt und Stabilität im Crash-Fall verleiht. Darüber hinaus ist die Kinematik des Sitzsystems so beschaffen, dass sich bei einem Heckaufprall die Rückenlehne verformt. Durch diese Konturänderung bewegt sich das Oberteil der Lehne beim Aufprall wie eine crashaktive Kopfstütze nach vorne und verhindert so, dass der Kopf nach hinten pendelt.

Durch seinen Aufbau ist der Ergositz wesentlich leichter als herkömmliche Sitze. Er ist ungefähr anderthalb bis zwei Kilogramm (ca. 10%) leichter als der BMW Sportsitz und bietet mehr Funktionalität bei geringerem Gewicht. Darüber hinaus beansprucht der Ergositz weniger Bauraum, was besonders den Fondpassagieren durch eine größere Beinfreiheit zugute kommt.

Von jedem Konzept das Beste.

Die drei Sitzkonzepte entstanden aus teils unterschiedlichen Herangehensweisen. Alle zeigen Möglichkeiten auf, wie die Sitze der Zukunft Sitzkomfort und Sicherheit gewährleisten, obwohl sie deutlich leichter sein werden und damit einen Beitrag zur Verbrauchsenkung leisten. Wie der Autositz der Zukunft aussehen wird? Das lässt sich noch nicht detailliert beantworten. Sicher ist: die jeweils besten Eigenschaften der drei Lösungskonzepte werden in die Entwicklung des Autositzes der Zukunft einfließen.

1.3 Die Anzeigen der Zukunft.

Die BMW Group forscht seit vielen Jahren intensiv an der möglichst ablenkungsfreien und sicheren Darstellung von Informationen für den Fahrer. Bereits im Jahr 2003 wurde mit der Einführung des Head-Up Displays diesbezüglich ein großer, richtungsweisender Schritt unternommen. Im Zuge der ständigen Weiterentwicklung und Optimierung der Anzeigekonzepte fokussiert die BMW Group momentan besonders auf die Ausnutzung der Potentiale des Head-Up Displays sowie des zentralen Anzeigenelements, dem Central Information Display.

Die Basics: Geschichte und Funktionsprinzip des Head-Up Displays.

Die Darstellung von wichtigen Informationen im unmittelbaren Sichtfeld wird in der Luftfahrt bereits seit den 1940er Jahren eingesetzt. Die BMW Group adaptierte diese Idee auf das Fahrzeug und machte sie im Jahre 2003 mit dem neuen BMW 5er erstmals „erfahrbar“.

Dabei wird ein virtuelles Bild auf der Windschutzscheibe erzeugt, das nur für den Fahrer sichtbar ist und für diesen über der Motorhaube schwebt. Im Inneren der Instrumententafel strahlt eine Lichtquelle durch einen lichtdurchlässigen TFT-Bildschirm und überträgt das Bild über speziell geformte Spiegel auf die Frontscheibe. Die Windschutzscheibe als Reflektor zu nutzen ist durch ihre gewölbte Form und die physikalischen Eigenschaften von Glas sehr komplex. Normalerweise entstehen in der Windschutzscheibe – bei Eintritt und Austritt von Licht – Brechungen des Lichtweges, die Doppelbilder erzeugen. Um dies zu verhindern, ist eine besondere Folie in die Scheibe integriert, die für eine Überlagerung der Bilder und damit für eine homogene Darstellung sorgt.

„Mit unserem Head-Up Display sind wir bis heute Benchmark bei Grafik, Helligkeit und Ablenkungsvermeidung.“

(Gunnar Franz, Leiter Entwicklung Head-Up Display)

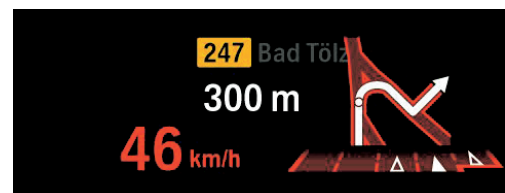
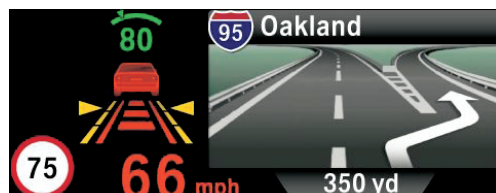
Seit dem Einzug des Head-Up Displays ins Auto ist es nicht nur der innovativste und attraktivste Anzeigort im Fahrzeug. Es leistet zudem einen bedeutenden Beitrag zur aktiven Sicherheit, indem es die fahrrelevanten Informationen im direkten Sichtfeld des Fahrers anzeigt, so dass dieser die Augen nicht von der Straße abwenden muss. Zudem ist diese Anzeigeform für den Fahrer weniger

ermüdend, da das Auge nicht ständig von Nah- auf Fernsicht „umschalten“ muss. Auch die Helligkeit des Bildes ist perfekt an die Umgebung angepasst – das Auge muss sich nicht bei jedem Blick auf den Tacho neu anpassen.

1.3.1 Das Vollfarb-Head-Up Display – „Bunt“ is beautiful.

Waren im Head-Up Display bisher nur die Farben Rot, Orange, Gelb und Grün vertreten, stehen mit dem neuen vollfarbigen Head-Up Display nun alle Farben im Anzeigeraum zur Verfügung. Diese Farbigkeit eröffnet vollkommen neue Möglichkeiten. Während der Fahrer momentan meist einfache Symbolgrafiken, Buchstaben und Zahlen lesen, verarbeiten und begreifen muss – beispielsweise in der Navigation –, wird der Erfassungsprozess mit dem neuen Konzept schneller. Durch die Vollfarbigkeit ist die realitätsnahe und damit noch intuitivere Anzeige von Bildern und Symbolen möglich. Diese sprechen für sich, sind schneller erfassbar und legen Handlungen nahe, ohne erst entschlüsselt und interpretiert werden zu müssen. Die Vollfarbdarstellung zeigt zudem eine ansprechendere und hochwertigere Anmutung, die den BMW Premiumcharakter deutlich unterstreicht.

Konkret bedeutet dies erweiterte Möglichkeiten, beispielsweise für die Navigationsfunktion. Hält mit der Speed-Limit-Anzeige erstmals die Darstellung von Verkehrsschildern Einzug ins Head-Up, wurden bisher jedoch lediglich Verbotsschilder dargestellt. Mit dem vollfarbigen Display können nun sämtliche Verkehrsschilder wie beispielsweise Autobahnschilder, Ausfahrtschilder und Entfernungsschilder authentisch dargestellt werden – und zwar weit über die Grenzen Deutschlands hinaus. Highway-Schilder in Amerika oder Australien, Ausfahrtschilder in Spanien oder Norwegen, selbst komplexeste Schildformen und Farben auch mit asiatischen oder arabischen Schriftzeichen sind realisierbar. Der Vorteil für den Fahrer liegt darin, dass ihm die Schilder virtuell nun so präsentiert werden, wie er sie auch in Wirklichkeit neben oder über der Straße sieht. Form, Farbe und Inhalt sind identisch, was die Zeit der Informationsverarbeitung deutlich reduziert – so sind beispielsweise amerikanische Highway-Schilder blau-weiß-rot, die deutscher Bundesstraßen hellorange.



Auch bereits gewohnte Navigationsfunktionen sind durch die Vollfarbigkeit noch intuitiver darstellbar. Eine 3D-ähnliche Gestaltung mit Farbverläufen und perspektivischer Einbettung könnte zukünftig die Navigationsfunktion bereichern und den Fahrer den richtigen Weg noch leichter finden lassen.

Das Ziel der Entwickler ist eine einheitliche und harmonische Darstellung im Innenraum. Innerhalb der verschiedenen Anzeigen soll möglichst kein Unterschied mehr zwischen der Gestaltung der Inhalte im Kombiinstrument, dem zentralen Informationsdisplay in der Mittelkonsole und dem Head-Up Display bestehen. Informationen werden dann an für sie optimalen Anzeigort jeweils in der gleichen Form, Farbwelt und Farbigkeit angezeigt. So erhält der Fahrer ein-eindeutige Signale und kann entsprechend schneller reagieren – egal welcher Anzeige er die Information entnimmt.

Effizienzsteigerung durch konsequente Forschung.

Nach dem Grundprinzip Efficient Dynamics arbeitet man bei der BMW Group selbst im Bereich der Displaytechnologie: sprich weniger Energieeinsatz und mehr Leistung. Besonders der Stromverbrauch der Lichtquellen spielt bei den Anzeigekonzepten eine Rolle. Denn um das virtuelle Bild des Head-Up Displays auf der Frontscheibe unter jeglichen Umgebungsbedingungen gut sichtbar darstellen zu können, sind sehr hohe Helligkeiten nötig. Die angezeigte Information muss beispielsweise auch bei reflektierender Sonneneinstrahlung auf regennasser Straße sichtbar sein. Seit Einführung des Head-Up Displays konnte die Helligkeit von 7.000 auf 11.000 Candela gesteigert werden. Die Herausforderung: diese Helligkeit möglichst energiesparend zur Verfügung zu stellen.

Einerseits gelang es, den RGB-Farbraum (rot, gelb, blau und ihre Mischungen) hell genug darzustellen, so dass auch Weiß in einer Helligkeit von 10.000 bis 11.000 Candela realisierbar ist. Andererseits erreichte man eine deutliche Effizienzsteigerung durch gezielte Optimierung der Gesamtstruktur im Bereich der Lichtquelle. Setzten die Ingenieure ursprünglich über 100 LEDs im Head-Up Display ein, um die benötigte Helligkeit zu realisieren, genügen nun bei besseren Anzeigen weniger als zehn.

Weiteres Einsparpotential liegt auf dem Weg des Lichts zwischen Lichtquelle und dem Display, das das virtuelle Bild erzeugt. Strahlte Licht bisher noch ungenutzt am Display vorbei, sorgt nun eine ausgefeilte optische Lösung für eine verlustfreie Lichtausbeute. Damit halbiert sich der Energieverbrauch nahezu und sinkt von 13 Watt auf nur noch sieben.

1.3.2 „Head-Up Display Max“ – mehr als 16:9.

Ziel des Forschungsprojektes Head-Up Max ist es, eine größere Projektionsfläche und damit ein größeres Bild für neue Einsatzmöglichkeiten zu erforschen. Gleichzeitig soll das Head-Up Display „intelligenter“ werden. Dies bedeutet einerseits die Integration eines größeren Funktionsumfangs sowie andererseits die adaptive Bereitstellung der Informationen, die situativ fahrrelevant sind.

Nur was wirklich wichtig ist, wird auch angezeigt. Das Anzeige-Bedien-Konzept der Forscher priorisiert Informationen situationsabhängig und zeigt diese dem Fahrer entsprechend an. Bedient der Fahrer beispielsweise gerade das Radio per Head-Up, gelangt in eben dem Moment jedoch in den Bereich der nächsten Abbiegung, priorisiert das System die Navigationsinformation, überlagert die Menüinteraktion des Radios und stellt nur die Abbiegeinformation dar. Sobald der Fahrer abgebogen ist, steht ihm die vorherige Funktion wieder zur Verfügung. Der Fahrer kann aber die höher priorisierte Navigationsinformation jederzeit aktiv abbrechen und mit der vorherigen Menüinteraktion fortfahren.

Der besondere Nutzen des vergrößerten Head-Up Displays liegt darin, dass dem Fahrer nicht nur Informationen über Anzeigen zugänglich gemacht werden, sondern er auch über das Head-Up Display aktiv Einfluss auf bestimmte Funktionen aus dem iDrive Menü nehmen kann. Zahlreiche Versuche konnten mittlerweile nachweisen, dass die Einflussnahme auf diverse Funktionen über das Head-Up Display gegenüber der Nutzung des Central Information Display in einem gewissen Rahmen sogar Sicherheits- und Komfortvorteile bieten kann. Daher können Funktionen mit Auswahllisten wie das Adressbuch, die Liste der letzten Ziele oder Entertainmentfunktionen über Bedienelemente am Lenkrad ausgewählt und gesteuert werden. Dabei wurde stets darauf geachtet, nur so viel Information wie nötig, so einfach wie möglich darzustellen.

Herausforderungen für die Realisierung.

Die größere Anzeigefläche des Systems wird im Versuchsfahrzeug durch zwei herkömmliche Head-Up Displays nebeneinander realisiert. Die Anzeige umfasst den Bereich vom Primärsichtstrahl aus bis einschließlich zwölf Grad nach rechts versetzt. Damit umfasst die Anzeigefläche die gesamte Breite des „aktiven“ Sichtfelds des Menschen. Wäre sie noch breiter, könnte der Fahrer das Straßengeschehen peripher nicht mehr wahrnehmen.

Die größte Herausforderung auf dem Weg zur Realisierung ist momentan die Bauraumknappheit im Fahrzeug. Die große Ingenieursleistung für die Zukunft besteht darin, die Ausmaße der bildgebenden Teile zu reduzieren. Mögliche Lösungswege könnten hier beispielsweise der Einsatz spezieller Linsen oder von Laserprojektion statt TFT-Technologie sein.

„Im Prototyp kann ich auch ohne Klimaanlage forschen – die mussten wir nämlich zugunsten des Head-Up Max ausbauen. Einem Kunden können wir das sicher nicht zumuten.“

(Natasa Milicic, erforscht die Möglichkeiten eines größeren Head-Up Displays)

Die Erweiterung des Head-Up Displays ist jedoch nicht nur ingenieursseitig mit Herausforderungen verbunden. Um die Ziele Ablenkungsfreiheit, Sicherheit und höheren Komfort zu erreichen, erforscht die BMW Group diese Aspekte intensiv und lange vor der Umsetzung geeigneter Möglichkeiten in die Serie. Ergonom, Wahrnehmungspsychologen, Elektrotechniker und Softwareingenieure arbeiten hier eng zusammen, um das optimale Ergebnis zu erzielen.

Bevor die Vorentwicklung überhaupt beginnt, wird mittels Machbarkeitsstudien und verschiedenen Versuchsaufbauten bereits sehr früh aussortiert, was den hohen Ansprüchen der Entwickler nicht genügt. Wenn eine Idee diese erste Hürde genommen hat, muss sie sich in verschiedensten weiterführenden Messstationen als praktikabel und sinnvoll erweisen. Hilfreiche Instrumente dabei sind die insgesamt sechs Fahrsimulatoren der BMW Group Forschung und Technik, in denen Fahr- und Bedienverhalten erfasst und analysiert werden können. Des weiteren kommen in verschiedenen Testszenarien unterschiedliche Systeme zur Analyse des Blickverhaltens des Fahrers zum Einsatz. Sie erkennen beispielsweise an der Veränderung des Pupillendurchmessers den Grad der kognitiven Beanspruchung oder Ablenkung. Die während dieser Versuchsreihen gewonnenen Erkenntnisse fließen direkt in die Weiterentwicklung und technische Umsetzung der Idee ein – und dann wird erneut getestet. Nur wenn eine Funktion ablenkungsfrei einen wirklichen Mehrwert bringt, hält sie Einzug in das Head-Up Display und damit ins Auto.

1.3.3 „Müssen Displays eigentlich immer schwarz und flach sein?“ – der MINI Center Globe als Inspiration für die Serienentwicklung.

Eine Vision aufzeigen – das ist der Gedanke hinter Konzeptfahrzeugen wie dem MINI Crossover Concept. Fußten soll die Vision allerdings auf realer Technik. So beweist der MINI Center Globe eindrucksvoll, was die technische Entwicklung im Bereich der zentralen Anzeigedisplays noch an Möglichkeiten bietet. Anstatt auf einem einzelnen flachen Bildschirm stellt der MINI Center Globe die Informationen innerhalb einer transparenten Kugel und auf verschiedenen Ebenen dar. Die dreidimensionale Gestaltung ermöglicht die situationsgerechte Darbietung von Informationen und Entertainmentfunktionen. Denn zusätzlich zu den heute vertikal und horizontal angeordneten Anzeigen, nutzt der MINI Center Globe erstmals auch die Tiefe des Raums. Anzeigen werden auf unterschiedlichen Ebenen geschichtet und dabei – je nach Wunsch oder Situation – mehr oder weniger prägnant hervorgehoben.

„Bisher waren Displays immer flach, schwarz und mit einem Rahmen verbaut. Wenig Designfreiheit, vor allem im ausgeschalteten Zustand. Mit dem MINI Center Globe erleben wir den Sprung von Anzeigen und Displays in die dritte Dimension.“

(Robert Isele, Displaytechnologie)

Im MINI Center Globe ermöglicht die Kombination von Black-Panel- und Laserprojektionstechnologie gestochen scharfe und detailreiche Wiedergabe von jeglichem Bildmaterial, sogar von Bewegtbild und Filmen. Der MINI Center Globe vermittelt bereits jetzt einen Eindruck davon, welche Möglichkeiten im Bereich von Navigation, Kommunikation und Entertainment im Automobil der Zukunft durch innovative Technologie erschlossen werden können.

Eine hier aufgezeigte Technologie hat bereits Einzug in die Serie gehalten. Wenn auch in ganz unterschiedlicher Ausprägung, wurde die Black-Panel Technologie bereits im Kombiinstrument und der Klimaanlage des aktuellen BMW 7ers umgesetzt. Andere Visionen brauchen noch Zeit, um die technische Reife für einen Serieneinsatz zu erreichen. Aber auch hier sind signifikante Fortschritte zu verzeichnen. Bestes Beispiel: die Laserprojektion – ebenfalls ein Feature des MINI Center Globes.

„Der MINI Center Globe revolutioniert aus unserer Sicht die Welt der Anzeigen und Displays im Fahrzeug. Displays der Zukunft sind alles andere – nur nicht langweilig.“

(Robert Isele)

Wie funktioniert die Welt? – oder: Was steckt im MINI Center Globe?

Der MINI Center Globe vereint in sich die neuesten Anzeigetechnologien Laserprojektion und Black-Panel und gewährleistet so beste Darstellungsqualität. Die Black-Panel-Technologie bildet wortwörtlich die Basis des MINI Center Globes. Auf Höhe des „Äquators“ liegt ein rahmenloses Black-Panel-Display, dessen Technologie auch im Kombiinstrument des neuen BMW 7er verbaut wurde. Dieses rahmenlose, hochauflösende Display fügt sich nahtlos in die Umgebung ein. Als Display erkennt man es lediglich in eingeschaltetem Zustand.

Über diese Fläche spannt sich eine transparente Kugelhülle, innerhalb der sich zwei sphärisch geformte, bewegliche Projektionsflächen befinden. Die Kugelform des Center Globe erlaubt die dreidimensionale Darstellung von Inhalten. So werden „vorne“, „hinten“, „oben“ und „unten“ auch plastisch darstellbar. Außerdem können gleichzeitig unterschiedliche Inhalte für Fahrer und Beifahrer zugänglich gemacht werden. Die verschiebbaren Sphären ermöglichen es, dem

Fahrer und dem Beifahrer zur gleichen Zeit unterschiedliche Funktionen und Informationen anzuzeigen, die nur aus der jeweiligen Perspektive erkennbar sind. So kann beispielsweise der Beifahrer im Internet surfen, während der Fahrer weiterhin freien Blick auf alle Anzeigen des MINI Center Globe hat.

1.3.4 Innovative Laser-Technik – am (Licht-)Puls der Zeit.

Für die perfekt ablesbare Darstellung aller Informationen kommt im MINI Center Globe hochmoderne Laserprojektionstechnik erstmalig im Auto zum Einsatz. Im Vergleich zu den aktuell eingesetzten TFT-Displays hat die Laserprojektion mehrere Vorteile. Zum einen ermöglichen die hervorragenden optischen Eigenschaften des Laserprojektors eine verzerrungsfreie Darstellung von Inhalten. Selbst auf sphärischen Projektionsflächen und innerhalb mehrerer Ebenen ist das Bild überall scharf. Weiterhin überzeugt die Laserprojektion durch außergewöhnlich kraftvolle Farben sowie ein sichtbar helleres und detailreicheres Bild.

Zwar steht die Laserprojektionstechnologie erst am Beginn ihrer Serienentwicklung und doch ist sie bereits jetzt in den kritischen Bereichen wie Brillanz, Farbe, Auflösung und Reaktionsgeschwindigkeit den TFT-Displays mindestens ebenbürtig. Das zeigt eindrucksvoll das Potential dieser zukunftsweisenden Technologie. Zusammen mit starken Partnern ist die BMW Group auch im Bereich Laserprojektion am Puls der Zeit und kann jeden Entwicklungsschritt frühzeitig mitvollziehen.

Durch intensive Forschungsarbeit konnte mittlerweile das für Laser typische Phänomen „Specklen“ auf ein kaum noch sichtbares Minimum reduziert werden. „Specklen“ beschreibt eine über die gesamte Lichtfläche auftretende „Körnigkeit“, die dadurch entsteht, dass kohärentes Licht (Laser) von einer Streufläche reflektiert wird. Dort reflektiert es an verschiedenen Partikeln, die für sehr feine Verstärkungen und Auslöschungen nebeneinander sorgen. Die Auslöschungen werden als dunklere Stellen, die Verstärkungen als hellere Punkte wahrgenommen. Liegen viele dunkle und helle Stellen nebeneinander, entsteht der beschriebene Eindruck von „Körnigkeit“. Das Phänomen kann sehr gut mit einem Laserpointer nachvollzogen werden, der an eine Wand strahlt.



Bild mit starkem Specklen (links) vs. verbesserte Möglichkeiten heute (rechts); Patent: LBO

Laserprojektionstechnik für ein brillantes Videoerlebnis.

Eine Möglichkeit der Laserprojektion ist besonders interessant, denn diese Technologie erlaubt, Bewegtbild in bisher unbekannter Qualität darzustellen. Um ein ruckelfreies, flüssiges Bild zu erkennen, benötigen Auge und Gehirn mindestens 24 Bilder pro Sekunde. Die Laserprojektion realisiert bereits im momentanen Entwicklungsstand 50-60 Bilder pro Sekunde. Darüber hinaus verfügt Laserprojektion im Gegensatz zu TFT-Displays über keine nennenswerte Schaltzeit. Dies bedeutet keine Verzögerungen mehr im Bildaufbau, die sich speziell bei schnellen bewegten Bildern durch lästige Schlieren oder Schatten äußern. Laserprojektion ist temperaturunabhängig, besonders für den Einsatz im Fahrzeug ein großer Vorteil. Selbst ein guter TFT-Bildschirm verzögert das Bild bei Zimmertemperatur mit ungefähr fünf Millisekunden, bei kälteren Temperaturen ist er noch langsamer. Die Verzögerung bei Laserprojektion dagegen liegt lediglich bei ca. 0,25 Millisekunden.

„Bei Einführung der Laserprojektion werden viele bald extra ins Auto gehen, um Tennis oder Fußball zu schauen.“

(Robert Isele)

Besonders hervorzuheben in der Darstellung von Inhalten ist die Brillanz der Laserprojektion. Brillanz ist das Zusammenspiel der möglichen Farben (Farbraum) und des Kontrastes. Im Farbbereich ist heute noch der NTSC-Standard des National Televisions Systems Committee in den USA die Orientierungsmarke. Er beinhaltet alle Farben, die auf einem Röhrenfernseher darstellbar sind. Die besten TFT-Displays bzw. heutige Fachbildfernseher erreichen zwischen 70 und 90% dieses Standards. Der Laser dagegen stellt den kompletten CIE-Farbraum dar, der die Gesamtheit aller wahrnehmbaren Farben umfasst; dies entspricht 200% des NTSC Farbraums. Der Qualitätssprung der Anzeigequalität ist in seiner Dimension etwa vergleichbar mit dem vom erstem Farbhandydisplay zu dem eines aktuellen Smartphones.

Gebündeltes Licht sorgt für beste Energieausnützung.

Im Bereich Helligkeit haben die heutigen Technologien das vorhandene Potential bereits ausgeschöpft. Der Laser erreicht dieses Niveau schon jetzt. Beim Kontrast ist er allerdings deutlich besser. Ein Problem bei herkömmlichen TFT-Bildschirmen ist die prinzipbedingte Hinterleuchtung der Anzeigefläche. Auch ausgeschaltete Pixel werden hinterleuchtet, schwarz ist eigentlich nur ein dunkles Grau. Bei der Laserprojektion dagegen werden nur die benötigten Pixel mit der jeweils nötigen Energie angestrahlt – mit Laserprojektion ist Schwarz wieder Schwarz.

Damit ist dieses Anzeigeprinzip deutlich ressourcenorientierter und energiesparender. Heute wird in den BMW Displays bereits generell die sehr effiziente Transflectivtechnologie eingesetzt. Im Gegensatz zu nur hinterleuchteten Displays wird bei Transflectivdisplays auch einfallendes Licht zur Beleuchtung des Bildschirms genutzt, indem es den Bildschirm durchdringt und von der Displayrückwand reflektiert. Neben der optimalen Ablesbarkeit unter allen Lichtbedingungen besteht der Vorteil dieser Technologie in ihrem Energiesparpotential. Frei nach dem Motto „Das Bessere ist der Feind des Guten“ sind die Entwickler jedoch auch in diesem Bereich ständig auf der Suche nach neuen Einsparpotentialen.

Bei dunklem Hintergrund und Linien (Schrift), ist die Laserprojektion um den Faktor zehn effizienter. Auch im Head-Up Display erreicht man über Faktor zehn. Bei Video eher Faktor vier bis sechs. Damit ist die Laserprojektion, trotz der Steigerung in den Bereichen Helligkeit und Brillanz, noch sparsamer als TFT-Displays.

Neue Visionen – Concept BMW Vision EfficientDynamics.

Die Designer und Ingenieure der BMW Group denken aber auch heute schon wieder über neue innovative Lösungen nach. In Sachen Displays und Anzeigen ist eine weitere Vision im Konzeptfahrzeug BMW Vision EfficientDynamics wieder wegweisend für die Technologie in den Autos der Zukunft.

1.4 Aktives Sounddesign – eine neue akustische Erlebniswelt.

Wie „maxi“ kann ein MINI klingen? Kann man Fahrfreude hören? Und wie klingt eigentlich ein Hybrid? Mit diesen Fragen befasst sich die Akustikabteilung der BMW Group.

Historisch gesehen beschäftigte sich die Akustik im Automobilbau zunächst mit der Vermeidung und Unterdrückung unangenehmer Geräusche. Kein Quietschen, Knarzen, Pfeifen oder Klappern sollte den Fahrer stören und die Produktqualität in Frage stellen. Schon bald zeigte sich jedoch, dass enormes Zusatzpotential darin liegt, das Fahrzeug eben nicht nur nicht schlecht, sondern vielmehr besonders gut klingen zu lassen. Seitdem klacken Schalter sehr wertig, klappen Türen überaus solide und unterstützen Motoren mit ihrem wohlabgestimmten Klang auch akustisch den sportlichen Gesamtcharakter eines Premium-Fahrzeuges.

Aus der reinen Störgeräuschoptimierung wurde das Sounddesign und es entstanden Themen wie Psychoakustik, Brand-Sound und Produktemotionalisierung. Darüber hinaus erweitert die akustische Unterstützung des subjektiven Fahrdynamikeindrucks das Arbeitsspektrum und den Werkzeugkasten des Akustikers.

Seit Neuestem gehören zu diesem Werkzeugkasten auch aktive Akustiktechnologien, die in den vergangenen Jahren von der reinen Störgeräuschunterdrückung (Active Noise Control) zu einem leistungsfähigen Tool für das aktive Sounddesign weiterentwickelt wurden. Neben der äußerst effizienten und gezielten Klangmodifikation ist die einfache Schaltbarkeit des wahrgenommenen Akustikerlebnisses das besondere Kennzeichen dieser Technologie.

Sound nach Wunsch.

Eben noch innerstädtisches Cruisen mit dem tiefen Blubbern eines V8 Motors und kurze Zeit später eine kleine Kurvenhatz mit dem sonoren, sportlichen Sound eines BMW Reihensechszylinders? Der MINI Prototyp der BMW Group Akustikingenieure kann beides auf Knopfdruck – dank der aktiven Soundgestaltung. Die Idee: der Kunde kann während der Fahrt selbst entscheiden, ob er gerade einen kraftvoll sportlichen Sound bevorzugt oder eher in der Stimmung für einen ruhigen und dezenten Motorklang ist.

Die aktive Soundgestaltung beeinflusst die Wahrnehmung von Klang im Innenraum über ein ausgefeiltes elektroakustisches System. Zur Erzeugung der oben dargestellten Klangeindrücke, werden dem originalen Motorgeräusch über einen Soundgenerator jeweils ausgewählte zusätzliche Klanganteile überlagert. Ein digitaler Signalprozessor variiert auf Basis von ständig aktualisierten Fahrzustandsdaten und vorher erstellten Sounddesigndaten das Zusatzsignal passend zum jeweiligen Fahrzustand. Damit entsteht allein durch die gezielte Beeinflussung des akustischen Feedbacks ein neues Niveau an Begeisterung und Fahrspaß.

Motorklang ist interaktiv und nicht zuletzt deswegen hoch emotional: er reagiert auf den Fahrer, den Druck aufs Gaspedal, die Geschwindigkeit. Und nicht nur aus dem Motorsport weiß man, dass das Motorengeräusch in der Lage ist, Gänsehaut zu erzeugen. Die aktive Soundgestaltung bietet daher großes Emotionalisierungspotential, und kann das subjektive Fahrdynamikempfinden maßgeblich beeinflussen.

Doch neben dem Spaßfaktor, der reinen Emotionalisierung, birgt diese Technologie noch viel größeres Potential. Motoren werden kleiner und sparsamer und in nicht allzu ferner Zukunft werden Automobile vielleicht gar keinen Verbrennungsmotor mehr haben. Wie klingt dann ein sparsames und dennoch dynamisches Auto?

Bedeutung des Hörerlebnisses für das Fahrerlebnis: Fahrdynamik kann man hören.

Um zu verstehen, warum das Motorengeräusch einen großen Einfluss auf das subjektive Fahrdynamikempfinden hat, hilft ein näherer Blick auf den Prozess der menschlichen Wahrnehmung. In der menschlichen Informationsverarbeitung selektiert das Gehirn zunächst die Einzelwahrnehmungen, vergleicht diese Eindrücke mit bereits Erlerntem und verarbeitet die daraus resultierende Information anschließend zu einem Gesamterlebnis. Zudem unterstützen sich die einzelnen Sinneswahrnehmungen um eventuell fehlende Informationen auszugleichen und ein „Verstehen“ zu sichern. Dies hat zur Folge, dass eine Vielzahl von Eindrücken miteinander kombiniert wird und der Mensch noch kaum bewusst zwischen den Einzelwahrnehmungen unterscheiden kann.

Was bedeutet das konkret für das Empfinden von Fahrdynamik? Da sich alle Sinneseindrücke gegenseitig ergänzen und somit das Gesamterlebnis formen, ist Fahrdynamik immer auch ein auditives Phänomen. Neben der gefühlten Längs- und Querschleunigung trägt besonders die „gehörte“ Beschleunigung, also der Motorklang unter Last und während des Beschleunigens, zum subjektiven Fahrdynamikempfinden bei. Je nach Ausprägung des

Motorklangbildes – schreibt man dem Fahrzeug dynamische Eigenschaften zu – oder eben nicht. Wichtig ist dabei jedoch die stimmige Kombination aller Sinneswahrnehmungen. Ein gut klingender Motor allein lässt noch keinen dynamischen Fahreindruck entstehen.

Um dies zu verifizieren, stimmten BMW Ingenieure zwei komplett identische Fahrzeuge über das aktive Sounddesign bezüglich des Klanges im Innenraum unterschiedlich ab. Die im Anschluss durchgeführten Fahrversuche zeigen genau das oben beschriebene Phänomen: Probanden attestieren dem Fahrzeug mit dem dynamischeren Motorsound eine schnellere Beschleunigung und ein dynamischeres Fahrverhalten, während sie das andere Fahrzeug als ruhiger und dezenter charakterisieren.

Warum klingt ein Motor, wie er klingt? (Motorordnungen)

Um das akustische Fahrerlebnis gezielt anpassen zu können, mussten die Ingenieure zunächst jene Bestandteile identifizieren, die für den jeweiligen Motorklang verantwortlich sind, denn jede Motorbauart besitzt einen eigenen und charakteristischen Klang. Während ein Reihensechszylindermotor eher sonor und sportlich klingt, ist für einen Motor mit vier Zylindern in Reihe ein eher kultivierter und sanfterer Klang typisch. Was aber lässt Motoren klingen, wie sie klingen?

Jeder Motor besitzt ausgeprägte Klangkomponenten, die sein jeweiliges Klangbild prägen – die so genannten Motorordnungen. Diese Teiltöne, deren Frequenz immer ein Vielfaches der jeweiligen Motordrehzahl ist, zeigen charakteristische Linien im Spektrum des Klanges und leisten einen wesentlichen Beitrag zur wahrgenommenen Klangfarbe. Je nach Motorart liegen diese charakteristischen Linien jedoch in einem anderen Bereich des Frequenzspektrums und sind unterschiedlich stark ausgeprägt. Im Klang eines Vierzylindermotors beispielsweise, ist die zweite Motorordnung besonders dominierend (Frequenz = Motordrehzahl x 2). Beim Sechszylinder dagegen ist die dritte Motorordnung klangbestimmend (Frequenz = Motordrehzahl x 3). Je nach Ausprägung dieser und ihrer umgebenden Ordnungen moduliert der Klang eines Motors unterschiedlich und variiert zwischen rau und glatt oder kräftig und ruhig.

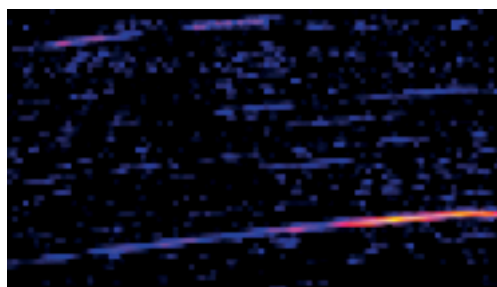
Je nachdem wie die entsprechenden Ordnungen in ihrer Amplitude auf Änderungen des Fahrzustandes (Gaspedal und Last) reagieren, schreibt man dem Motor Attribute wie „kraftvoll“, „dynamisch“ oder eher „verhalten“ zu. Hierüber entstehen wichtige Aspekte des subjektiven Fahrdynamikeindrucks, die sich über die aktive Klanggestaltung gezielt beeinflussen lassen.

Wie funktioniert das aktive Sounddesign?

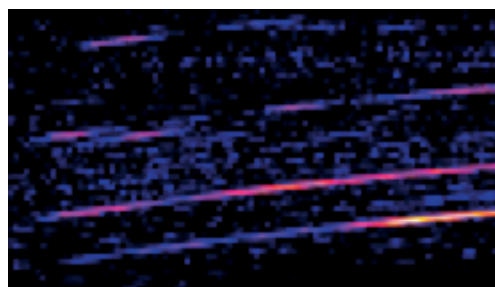
Klassisches Sounddesign basiert auf der selektiven Weiterleitung und Verstärkung gewünschter Klangkomponenten sowie der Dämmung und Dämpfung störender Anteile. Beim Motorklang wird das Klangerlebnis im Hinblick auf den Charakter des Fahrzeuges durch Modifikationen im Ansaugbereich und an der Abgasanlage sowie über die gezielte Auslegung von Karosseriedämmung und Innenraumakustik optimiert – der Klang soll halten, was das emotionale BMW oder MINI Design und die hochwertige Produktsubstanz versprechen.

Das Klangdesign stellt sich dabei zunehmend neuen Herausforderungen: Anforderungen nach minimalen Bauräumen und niedrigerem Gewicht, moderne, auf Effizienz optimierte Antriebe, sowie restriktivere Außengeräuschgesetzgebungen sind nur einige Beispiele. Hier bieten die aktiven Akustikverfahren in Kombination mit der herkömmlichen Optimierung gänzlich neue Lösungswege, da sie weitgehend unabhängig von Übertragungswegen und Eigenheiten des Originalgeräusches eine direkte Beeinflussung des wahrgenommenen Klanges ermöglichen.

Mit Hilfe der permanent vom CAN-Bus (Control Area Network) abgegriffenen Fahrzeugzustandsdaten wie Geschwindigkeit, Drehzahl, Motorlast oder Gaspedalstellung werden der Klangwahrnehmung beim aktiven Motorsounddesign bestimmte, den jeweiligen Charakter unterstützende, Ordnungsanteile direkt hinzugefügt. Auf Basis dieser Parameter, sowie den hinterlegten Geräuschdaten generiert ein digitaler Signalprozessor in Echtzeit das gewünschte Ordnungssignal dergestalt, dass sich dieses Klangbild im Innenraum homogen und authentisch mit dem Ausgangsgeräusch verbindet.

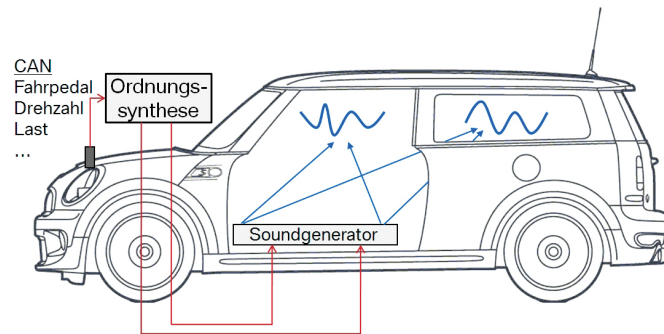


Motorordnung des ursprünglichen Klanks



Motorordnungen des modifizierten Klangbildes

Die Software ist infolge der Vielfalt der berücksichtigten Fahrzustandsdaten und des verwendeten Synthesemodells sehr flexibel und ermöglicht den gestalterischen Eingriff in einer Art und Weise, wie es allein mit herkömmlichen Maßnahmen überhaupt nicht oder nur mit enormem Aufwand möglich wäre. Insgesamt ist das aktive Sounddesign eine effiziente, gewichts- und bauraumneutrale Maßnahme die sich relativ einfach in bestehende Fahrzeugarchitekturen integrieren lässt.



Prinzipblockschaltbild Aktives Sounddesign

Guter Sound ist viel Arbeit.

Die aktive Soundgestaltung basiert auf einer relativ simplen Idee, jedoch ist die Umsetzung hin zum funktionierenden System sehr komplex. Das einfache Blockschaltbild des Prinzips stellt die Ingenieure in der Realität vor große Herausforderungen. Ziel ist eine Ergänzung des ursprünglichen Geräusches, so dass sich das neu generierte Klangbild mit dem Ausgangssignal perfekt überlagert und gegenseitig unterstützt. Besonders wichtig ist dabei die möglichst verzögerungsfreie Bereitstellung des neuen Klangbildes. Etwaige Unstimmigkeiten in der Rückmeldung nimmt der Fahrer sofort als „schwammig“ wahr und die gewünschte Verstärkung des Dynamikempfindens und der Fahrfreude stellt sich nicht ein.

Um die Bewegung des Gaspedals kongruent in den entsprechenden Klang umzusetzen, sind insbesondere schnelle Datentransfers mit geringen Latenzen nötig. Die Herausforderung besteht unter anderem darin, das Sounderlebnis mit einer Handlung korrelieren zu lassen, die nicht vorhersehbar und jedes Mal neu ist. Egal wie schnell oder langsam der Fahrer beschleunigt, das Audiosignal muss immer stimmig und „gleichzeitig“ zu hören sein. Der Mensch ist in dieser Beziehung sehr sensibel, jeder Versatz wird als störend und nicht mehr als authentisch wahrgenommen. Das Gehirn registriert solche Unstimmigkeiten bereits im zweistelligen Millisekundenbereich.

Auch das Design des im Gesamtfahrzeugkontext optimalen Gesamtklangbildes ist nicht trivial, wobei hier gerade die Vielfalt der Möglichkeiten eine schnelle Abstimmung erschweren kann. Um das bestmögliche Ergebnis zu erzielen, arbeiten die Ingenieure mit Psychoakustikern, Ergonomen und Designern zusammen. Denn zwar können Maschinen in der Entwicklungsarbeit von der Analyse bis hin zur Simulation und den Fahrversuchen viel Unterstützung leisten, letztendlich ist jedoch der Mensch das Maß. Erst gemeinsam schaffen sie ein optimales Gesamterlebnis.

Aktive Soundgestaltung im MINI Prototypen.

Die aktive Klanggestaltung im MINI Prototypen legt den Fokus klar auf die Verstärkung von Fahrspaß und die Möglichkeit sich selbst durch den MINI ausdrücken zu können. Ganz nach dem Motto: „MINI – It's me“ bietet das System vollkommen neue Möglichkeiten zur Personalisierung und Individualisierung des Fahrerlebnisses. Im Innenraum kann je nach Stimmung ein bestimmter Motorsound vorherrschen, der den äußeren Charakter transportiert oder die momentane Gefühlslage des Fahrers widerspiegelt. Das ist Individualisierung im Innenraum auf höchstem Niveau.

Da die aktive Soundgestaltung auf einem elektronischen System basiert, ist es jederzeit regulier- und auch abschaltbar. Damit erhält der Kunde völlige Freiheit darüber, ob er den Mehrwert des Systems nutzen möchte. Wie Musik kann auch die aktive Soundgestaltung zur Unterstützung der eigenen Emotionen beitragen – ob intensiv oder ruhig, je nach Geschmack als Stimmungsverstärker oder als das bewusste Gegenteil.

In Verbindung mit anderen innovativen Technologien wird der Fahrzeuginnenraum noch mehr zum Gesamterlebnisraum. Die Emotionalisierung des Innenraums, eine Inszenierung eines dynamischen und verantwortungsvollen Fahrerlebnisses über mehrere Ebenen ist das Ziel. Man verbringt immer mehr Zeit im Auto, also sollte diese auch so angenehm wie möglich gestaltet werden. Doch auch in Zukunft wird die Emotionalisierung des Fahrzeugs nicht für jeden Kunden gleich funktionieren. Die aktive Klanggestaltung gibt den Kunden die Möglichkeit auch beim Klangerlebnis selber entscheiden und aktiv auswählen können, was ihnen momentan zusagt und ihre Gefühlslage unterstützt.

Ausblick – Was passiert in Zukunft?

Aktive Klanggestaltung als bewusste Veränderung und Einflussnahme auf den Motorsound – was im MINI-Prototypen eher spielerisch „anklingt“, birgt enormes Zukunftspotential. Weiter gedacht könnte dies folgendes bedeuten: Dieselmotoren beispielsweise bekämen einen eigenen Sound, der dynamisch und sportlich ist und keinesfalls mehr mit Lastverkehr assoziiert werden kann: Ein BMW Diesel also mit einer Klangcharakteristik, die der Kraft, Dynamik und dem Drehmoment des Motors voll entspricht.

„BMW Design verspricht einen gewissen Sound. Der Kunde steigt ein und erwartet ein entsprechendes Klangerlebnis, wenn er den Motor startet. Ein Schlüssel dazu sind in Zukunft aktive Akustiksysteme.“

(Albert Kaltenhauser, Leiter Luftschall, Akustik und Schwingungen)

Obwohl aktive Akustiksysteme auch für den Außenraum anwendbar sind, beziehen sich alle bisher geschilderten Klangerlebnisse auf den Innenraum. Diese Möglichkeit zur selektiven akustischen Gestaltung von Außen- und Innenraum ist ein weiteres wichtiges Kennzeichen der Technologie. So kann der Fahrer beispielsweise sein Fahrerlebnis im Innenraum so gestalten, wie er es für richtig hält, ohne seine Umwelt dadurch in irgendeiner Weise zu beeinträchtigen.

Über die aktive Beeinflussung des Klanges durch den Fahrer hinaus können aktive Akustiksysteme auch eher unterschwellig eingesetzt werden. Im Rahmen von Efficient Dynamics laufen derzeit Untersuchungen, die in heutigen Fahrzeugen eingesetzte Schaltpunktanzeige auch akustisch zu unterstützen.

2. Zukünftiges Infotainment.

2.1 MINI gets connected – die neue Welt des In-Car-Entertainment.

Seit 2001 nimmt bei MINI eine ganz besondere Idee mehr und mehr Gestalt an – die Vision, die Interaktion von Mensch und Fahrzeug zu intensivieren, eine zweiseitige Kommunikation zwischen Fahrzeug und Fahrer zu ermöglichen und damit die Zeit im Fahrzeug so angenehm wie möglich zu gestalten. Die Frage: Wie können Informationen aus dem Fahrzeug in spannende Erlebnisse und neue Funktionen für die Insassen „übersetzt“ werden? Der Haken: Damals fehlten noch die technischen Rahmenbedingungen, um das Projekt sinnvoll umzusetzen.

Im Rahmen der technologischen und gesellschaftlichen Weiterentwicklung seit damals wird die einstige Vision nun Wirklichkeit. Mit MINI Connected hält die moderne Kommunikationswelt Einzug in den MINI und eröffnet vollkommen neue Nutzungsperspektiven. Anders ausgedrückt: MINI Connected zeigt, was möglich ist, wenn man ein internetfähiges Gerät aus dem Bereich Consumer-Elektronik (CE), wie z. B. ein Smartphone, in einen MINI integriert und ihm bewusst bestimmte Daten aus dem Fahrzeug zur Verfügung stellt. Als innovatives Versuchsfahrzeug bietet der MINI Connected Prototyp und weitere Technologieträger damit erstmals eine umfassende CE-Geräte Integration für das Fahrzeug, die die Welten Fahrzeug, mobile Information und Entertainment verschmelzen lässt.

MINI + Smartphone = MINI Connected.

Alles was man für MINI Connected benötigt, ist ein MINI mit MINI Connected und ein Smartphone, sowie eine spezifische Software-Anwendung. Über eine spezielle Schnittstelle wird das Smartphone direkt mit dem MINI verbunden. Startet der Kunde dann zukünftig die MINI Connected Applikation auf seinem Smartphone, werden völlig neue Funktionalitäten auf MINI typische Art und Weise zugänglich.

„MINI Connected verbindet die angesagteste Technik mit dem aufregendsten Fahrzeug.“

(Dr. Ralf Hoffmann, MINI Produkmanagement)



Die Grundidee zu MINI Connected schwelt schon länger im Unternehmen, mittlerweile lassen die technischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Gegebenheiten eine Realisierung zu – fordern sie sogar. Gerade MINI Kunden möchten ihre Lebenswelt des mobilen Entertainments und überall verfügbarer Informationen auch im Auto integriert nutzen. Die MINI Connected Features wollen dieses Kundenbedürfnis innovativ, informativ und unterhaltsam erfüllen. Das Sondermodell MINI 50 Camden zeigt bereits in Serie die ersten Möglichkeiten von Mission Control, allerdings ist dieses Modell noch nicht „connected“, sprich es kommt ohne Smartphone-Schnittstelle aus. MINI Connected befindet sich auf dem besten Weg in die Serieneinführung.

„MINI Kunden sind technikaffin und trendbewusst, das äußert sich auch darin, dass sie oft die neusten CE-Geräte benutzen. Ihr Anspruch ist es, diese Geräte überall nutzen zu können – auch und gerade im MINI. Wir wissen, dass MINI Kunden sehr modern sind, daher bringen wir diese Technologien und Schnittstellen als erste auf den Markt. MINI wird dauerhaft mit neuen Funktionen auf Basis hochwertiger Smartphones den Standard setzen.“

(Dr. Christoph Grote, Chef der Entwicklung von Informations- und Kommunikationssystemen)

Warum Smartphone?

Welchen Mehrwert schafft die Integration von CE-Geräten? Sie gewährleistet zum einen die Unabhängigkeit von Fahrzeugentwicklungs- und -lebenszyklen, zum anderen wird das Fahrzeug Teil einer größeren Lebenswelt.

„Durch eine enge Integration der CE-Gerätelandschaft, partizipieren wir und profitieren wir von deren schneller und andauernder Funktionsentwicklung. Wir können die gesamte Innovationskraft dieser Branche mit unseren Produkten kombinieren.“

(Dr. Peter Lehnert, Leiter Frühe Phase Information und Kommunikation)

Ein Smartphone ist heute schon eine zentrale Schnittstelle, auf dem nicht nur telefoniert wird, sondern Kontaktdaten gespeichert, Kalender verwaltet und Daten wie Musik oder Video transportiert werden. Ganz zu schweigen vom mobilen Zugang zum Internet. Viele der auf dem Smartphone vorhandenen Informationen, Daten und Funktionen sind über die Integration auch im Auto verfügbar und jederzeit nutzbar. Beinahe täglich werden neue Funktionen und Features zugänglich, die den Funktionsumfang der Geräte erweitern,

sie aufwerten und so dauerhaft attraktiv machen. Mit fahrzeugspezifischen Applikationen lässt sich dieses Phänomen auch auf das Erlebnis im Fahrzeug übertragen.

„Wir entwickeln natürlich konsequent weiter, damit der Fahrer neue Features bekommen kann – immer wieder neu, immer wieder aktuell.“

(Dr. Peter Schramm, Leiter Entwicklung CE Connectivity)

„MINI Connected Live“ – die ganze Welt im MINI.

MINI Connected unterteilt sich in zwei zentrale Funktionsumfänge mit den Projektnamen „MINI Connected Live“ und „MINI Connected Buddy“. „MINI Connected Live“ nutzt den Internetzugang des Smartphone und bringt Applikationen in den MINI, die auf Strukturen außerhalb des Fahrzeugs zugreifen. Sei es das Abrufen von Informationen oder der Zugriff auf bestimmte für das Fahren relevante Daten außerhalb des Fahrzeugs. Somit entsteht ein Kommunikationskanal, der während der Fahrt die Welt ins Fahrzeug holt und gleichzeitig den Fahrer mit der Welt in Kontakt bringt. Dabei erlaubt „MINI Connected Live“ auch die Nutzung von Google-Diensten wie Local Search oder Send to Car. Die neusten Informationen, alle wichtigen Daten sind sofort zugänglich – überall und intuitiv, auch während der Fahrt.

„MINI Connected Live“ erlaubt auch die Anbindung an bereits bestehende Social Communities wie Facebook oder Twitter. Selbst während der Fahrt können mit Freunden oder Bekannten kurze Statusmeldungen ausgetauscht werden. Bestimmte Daten wie Position, Ziel oder Geschwindigkeit können als aktueller Status bei Facebook oder als so genannter Tweet (Kurznachricht) bei Twitter kommuniziert werden. Dazu greift die Applikation auf die entsprechenden Fahrzeugdaten zu und setzt diese in vorgefertigte Kurznachrichten oder Statusmeldungen ein. Die in den Communities hinterlegten Kontaktdaten lassen sich selbstverständlich auch ins Adressbuch des Fahrzeugs übertragen.

„Ich fahre gerade nach Hamburg, bin mit 123 km/h unterwegs.“

(Beispiel für einen Tweet aus dem MINI auf der Autobahn
von Berlin Richtung Hamburg)

Die Applikation „Web-Radio“ macht erstmals Internetradio für das Auto verfügbar. Ob Nachrichten oder Musik, international oder regional – durch eine reichhaltige und gut sortierte Senderdatenbank bleiben keine Wünsche offen. Jede Musikrichtung wird mit zahlreichen Sendern aus verschiedensten Ländern abgedeckt. Ob aktuelle Clubhits mit Ibiza Global Radio, südamerikanische Klänge mit Interativa FM aus Brasilien, Radioshows oder Nachrichten lokaler wie globaler Sender – mit Web-Radio wird die Welt kleiner, die Vielfalt größer.



„MINI Connected Buddy“ – der MINI, dein Freund.

Auch der Prototyp von „MINI Connected Buddy“ macht über das CE-Gerät Daten zugänglich, nur liegen diese nicht außerhalb des Fahrzeugs sondern im Fahrzeug selbst. Über die Fahrzeug-Bussysteme laufen alle Daten und Informationen im Fahrzeug – normalerweise ohne dass der Fahrer etwas davon merkt. „MINI Connected Buddy“ macht nun bewusst einige dieser Informationen für den Fahrer auf neue und MINI typische Weise erlebbar. Der Fahrer soll damit aktiv am „Leben“ des Fahrzeugs teilhaben und noch intensiver eingebunden werden. Umgekehrt erhält der MINI dadurch Persönlichkeit, denn einige der Funktionen sind definitiv mit dem MINI typischen „Augenzwinkern“ umgesetzt.

Die ursprüngliche Idee stammt bereits aus dem Jahr 2001. Im Technology Office in Palo Alto, Kalifornien entstand die Vision, die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle im Fahrzeug zu revolutionieren und die Möglichkeiten der Interaktion auf ein neues Niveau zu heben. Ziel war es, die Fahrzeugfunktionen in akustische Unterhaltung umzusetzen, hin zu einem Auto mit Persönlichkeit und Charakter. Ein erster Prototyp entstand auf Basis aufwändiger integrierter Lösungen, aber noch war die Zeit nicht reif – technisch und gesellschaftlich.

„Wir wollten uns frei machen von Allem bisher dagewesenen. Wir hatten eine Vision, kannten aber nicht den Weg dorthin. Was als Experiment begann, wurde aber nach und nach immer konkreter.“

(Bernhard Schambeck, hob die Idee 2001 mit aus der Taufe)

Mission Control.

Die „MINI Connected Buddy“ Funktion Mission Control war ebenfalls bereits Teil des ersten Forschungsprojekts in Palo Alto. Tast- und Sehsinn sind beim Fahren bereits hoch aktiviert, der auditive Sinn dagegen ist noch relativ frei zugänglich. Daher lag die Überlegung nahe, Hinweise nicht mehr nur als Ton- oder Lichtsignal auszugeben, sondern sie mittels Sprache mitzuteilen. Mission Control kommuniziert direkt mit dem Fahrer und eventuellen Mitfahrern.

Im Sondermodell MINI 50 Camden feiert die neue Generation von In-Car-Entertainmentsystemen in ihrer ersten Ausprägung Premiere. Dabei teilen sich drei durch ihre Stimmen klar unterscheidbare Charaktere die Kommunikationsarbeit. Während der „Coach“ für die Ansprache des Fahrers zuständig ist, liefern zwei Assistenten hilfreiche Informationen über Antrieb, Fahrsituation sowie Komfortfunktionen des MINI an den „Coach“. Insgesamt werden bei Mission Control je nach Ausstattung des Fahrzeugs bis zu 120 unterschiedliche Fahrsituationen, Betriebszustände und andere Ereignisse berücksichtigt, für die jeweils zwischen 15 und 40 verschiedene Statements vorliegen. In Kombination ergeben sich mehr als 1.500 verschiedene akustische Einspielungen, die auch in täglich wiederkehrenden Fahrsituationen für dauerhafte Abwechslung sorgen. Die Sprachausgabe erfolgt auf Englisch, der Muttersprache des MINI, und mit dem charakteristischen Augenzwinkern der Marke. Im Sondermodell MINI 50 Camden ist die Funktion fest in einem speziellen Steuergerät installiert, bietet also noch keine Möglichkeit der Erweiterung oder Ausweitung wie es in Zukunft durch MINI Connected und die Anbindung eines CE-Geräts möglich werden soll.

Mehrwert auf mehreren Ebenen.

Neben der reinen Unterhaltung beinhaltet Mission Control eine klar funktionale Komponente, die den Fahrer neben den bereits bekannten Systemen hilfreiche Hinweise gibt, um unterschiedliche Fahrzeuginformationen zu interpretieren und entsprechende Handlungen folgen zu lassen. So informiert Mission Control sowohl beim Anfahren mit angezogener Handbremse, bei nicht vollständig geschlossenen Türen oder auch bei zu hohen Drehzahlen während des Warmfahrens. Energiesparende Aspekte stehen im Fokus. Bei zu hohen Geschwindigkeiten rät Mission Control aufgrund der besseren Aerodynamik zum Schließen der Fenster oder legt das Abschalten der Klimatisierung nahe, wenn während der Fahrt die Fenster geöffnet werden.

In Zukunft könnte Mission Control durchaus noch weitere Funktionen übernehmen, beispielsweise die eines „ökologischen“ Fahrlehrers. Dieser würde dem Fahrer mit dem MINI typischen Augenzwinkern eine nachhaltigere Fahrweise näher bringen. Mit dem „MINIMALISM Analyser“ von „MINI Connected Buddy“ könnte der Fahrer dann die Fahrt im Nachhinein analysieren und mit vorherigen Fahrten in Bezug auf Verbrauch, Durchschnittsgeschwindigkeit oder Dauer vergleichen.

„Dynamic Music“ und „Sound Effects“.

Mit dem Prototypen auf dem Innovationstag zeigt MINI erstmals auch die Möglichkeit, das Fahrerlebnis durch adaptive Musik („Dynamic Music“) und gezielte Soundeffekte zu untermalen. Ob dynamische Kurvenfahrt auf der Landstraße, Höchstgeschwindigkeit auf der Autobahn, Mitschwimmen im Stadtverkehr – in jeder Fahrsituation ändert sich dank Dynamic Music die Musik passend zur Dynamik der aktuellen Fahrsituation.

„Mein MINI Prototyp bietet mir den perfekten Soundtrack in jeder Fahrsituation. Gaspedal, Lenkrad, Blinker und Bremse sind mein DJ-Pult und durch mein Fahren arrangiere ich die Musik.“

(Bernhard Schambeck, seit der ersten Minute im Projekt)

Je nach Situation verändert die Musik sich in Rhythmus und Intensität, Soundeffekte verstärken bei bestimmten Fahrereignissen das musikalische Fahrerlebnis noch einmal. So integriert sich das Blinkergeräusch rhythmisch in die gespielte Musik oder die Musik verlagert sich bei schneller Kurvenfahrt wie eine „träge“, akustische Masse von rechts nach links im Stereopanorama.

Um das Fahrgeschehen entsprechend begleiten zu können, reagieren eine Vielzahl vorgefertigter Musikdateien anhand eines voreingestellter Parameter. Welches Layer wann dazu gemischt wird, hängt beispielsweise davon ab, wie schnell das Fahrzeug ist, wie weit das Gaspedal gedrückt wird, oder aber wie stark Längs- und Querschleunigung sind. Die Musik passt sich so jedem Fahrstil an. Dynamic Music unterstützt das subjektive Fahrerlebnis positiv, da es die Verbindung zwischen Fahrer und Auto verstärkt.

Mit MINI Connected wird drinnen zu draußen und umgekehrt.

Durch die Portabilität eines mobilen Endgeräts beschränkt sich die Nutzbarkeit von MINI Connected nicht nur auf den Fahrzeuginnenraum. Insgesamt sind drei unterschiedliche Nutzungsszenarien mit einer großen Bandbreite an Funktionen möglich. Einerseits kann der Fahrer während der Fahrt bestimmte Funktionen über die spezifische Bedienschnittstelle nutzen. Besonders interessant sind andererseits die Möglichkeiten, die sich durch MINI Connected außerhalb

des Fahrzeugs ergeben. Denn die Applikationen von „MINI Connected Live“ lassen sich auch außerhalb des Fahrzeugs nutzen. So kann der über Google Local Search gefundene Blumenladen nicht nur im Auto angesteuert werden, sondern auch zu Fuß ist die Wegbeschreibung für die letzten Meter auf dem Smartphone dabei. Zukünftig ist eine Vielzahl an Funktionen denkbar. So kann per Smartphone beispielsweise der Ladestand der Batterie des MINI E geprüft werden, ohne ins Fahrzeug zu müssen. Auch ließe sich das Auto kurz vor Fahrtantritt bereits ressourcenschonend klimatisieren, noch während das Fahrzeug an der „elektrischen Zapfsäule“ hängt.

Aus einseitig wird zweiseitig – Herausforderung in der Umsetzung.

Die Herausforderung bei MINI Connected besteht in der sauberen wie tiefen Integration des CE-Geräts und seiner vielen Funktionen. Da mit MINI Connected nicht mehr nur Funktionen des Smartphone über das Fahrzeug gesteuert werden, sondern auch neue Funktionen auf Daten aus dem Fahrzeug zugreifen, entsteht für die Softwareentwickler ein hoher Konzeptions- und Adaptionaufwand. Dabei galt es einerseits die Schnittstelle anzupassen, andererseits die fahrzeugspezifischen Applikationen zu entwickeln. Die Anbindung an Smartphone und Internet erfordert besonders hohe Sicherheitsvorkehrungen, damit sowohl die Daten auf dem Endgerät und vor allem die des Fahrzeugs vor fremden Zugriffen sicher sind.

Um die Funktionen im Fahrzeug auch während der Fahrt sicher und komfortabel nutzen zu können, mussten sie außerdem in das fahrzeugeigene Anzeigebedienkonzept integriert werden. Dies geschieht durch ein sogenanntes Remote Human-Machine-Interface. Über eine spezifische Schnittstelle werden die Vorgänge im CE-Gerät übersetzt, auf fahrzeugtypische Weise im zentralen Display dargestellt und über die Fahrzeugbedienlogik (MINI Joystick, Multifunktionslenkrad) steuerbar. Das MINI Anzeigebedienkonzept ist das Ergebnis intensiver Forschung und insbesondere für eine intuitive Bedienung während der Fahrt ausgelegt. Daher gewährleistet nur das Anzeigebedienkonzept für diesen Anzeigeort die beste Ergonomie, Nutzerfreundlichkeit und Sicherheit.

Soll ein für das Fahrzeug optimiertes Anzeige- und Bedienkonzept auch die Integration von Infotainmentdiensten ermöglichen, die erst nach der Auslieferung des Fahrzeugs entwickelt werden, kann die Differenz zwischen der hohen Lebensdauer der Fahrzeuge und den sehr kurzen Innovationszyklen von Consumer-Electronics-Applikationen überwunden werden. Die modellbasierte HMI-Entwicklung der BMW Group wird dieser Dynamik gerecht, in dem sie das Fahrzeug für „nachladbare Dienste“, also mobile Endgeräte, Webapplikationen oder Software-Downloads, öffnet. Der Kunde kann diese Dienste somit in Zukunft schnell und unkompliziert fahrzeugspezifisch bedienen.

Fahrzeugspezifisch bedeutet bei der BMW Group: intuitiv, ablenkungsfrei und ergonomisch perfekt. Die Vorteile für den Kunden sind neben dem Komfort der kontinuierlichen Nutzungsmöglichkeit der Geräte eine erhöhte Sicherheit und Gesetzeskonformität.

Flexibilität durch semantische Informationen.

Die Dynamik diverser Steuerungsmöglichkeiten und Fahrerinformationen wird dadurch erreicht, dass nachladbare Dienste eine semantische Beschreibung ihrer Benutzerinteraktion mitliefern. Aufgrund von Generierungsregeln können dann fahrzeugtypische grafische Bedienelemente erzeugt werden. Dabei werden Konzepte aus dem „Semantic Web“ verwendet, um eindeutige Begriffe für die HMI-Beschreibung des Dienstes und dessen Bedienanforderungen zu schaffen. Der Autor der HMI-Beschreibung des Dienstes liefert detaillierte Informationen über die Art des Services und dessen Anzeige und Bedienung. Dabei braucht er nicht zu wissen, in welchem Fahrzeugmodell (und damit auf welcher sogenannten Head Unit) diese Informationen in Form einer konkreten Bedienoberfläche umgesetzt werden. So kann sich beispielsweise ein beliebiger Music Player als „Audio-Abspiel-Service“ identifizieren, woraufhin die HMI Bedien-Buttons für die entsprechenden Bedienoperationen „play“, „stop“, „pause“, etc. bereitstellt. Die Beschreibung der Benutzerinteraktion des Dienstes muss dabei nur ein einziges Mal erstellt werden und kann für alle Fahrzeugmodelle verwendet werden – denn die Applikation ist jeweils ein- und dieselbe.

Ein weiterer Nutzen der semantischen Informationen ist, dass sie auch eine Interaktion zwischen Diensten ermöglicht, die sich vorher nicht kennen. Sie müssen lediglich wissen, mit welcher Art Service sie interagieren können. Zum Beispiel kann sich ein „Location-based-search“-Service als Lieferant von geographischen Adressen anmelden. Dadurch kann der Benutzer die Suchresultate, also Adressen, per Knopfdruck als Zieladresse an das Navigationssystem übernehmen. Liefert der Service zusätzlich auch Telefonnummern, werden diese automatisch dem Telefonservice bereitgestellt. Auf diese Weise ermöglicht das dynamische HMI dem Benutzer, eine beliebige Anzahl von Diensten vielfältig zu kombinieren, und dies selbst für diejenigen Dienste, die zur Produktionszeit des Fahrzeugs noch gar nicht existierten.

2.2 „Rock-Insel“ oder „Jazz-Archipel“? – die MINI Music Map.

Tragbare Datenspeicher verfügen über immer größere Kapazitäten. So stehen beispielsweise auf dem aktuellen iPod Classic bis zu 160 GB Speicherplatz für Musik und andere Dateien zur Verfügung. Das entspricht in etwa 40.000 Liedern, auf die der Kunde natürlich auch während der Fahrt zugreifen möchte. Wie man zukünftig die enormen Musikdatenmengen im Fahrzeug anzeigen und zugänglich machen kann, zeigt das Forschungsprojekt MINI Music Map.

Neue und innovative Lösungen sind gefragt, um derartige Mengen leicht und schnell zugänglich zu machen. Dafür beschäftigen sich die Entwicklungsingenieure der BMW Group Forschung und Technik im Bereich Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) mit immer besseren Möglichkeiten, Informationen anzuzeigen und nutzbar zu machen. Zwar ist die momentane Darstellung über Textlisten bereits bekannt und intuitiv zu bedienen, nur leistet sie nur einen eingeschränkten Überblick über die Inhalte und deren Zusammenhänge.

Dies erschwert besonders das Nutzungsszenario der unscharfen Zugriffswünsche. Oft hat der Fahrer ein unbestimmtes Unterhaltungsbedürfnis, weiß ungefähr, was er hören möchte, hat jedoch nicht zwingenderweise ein konkretes Album eines bestimmten Interpreten im Kopf. Abgesehen davon, dass er nicht seine gesamte Musiksammlung im Überblick hat. Der Fahrer wird also selten nach expliziten Dateieinträgen suchen, sondern nach Teilmengen, die bestimmte Kriterien erfüllen. Dafür haben die Forscher eine Visualisierungsmöglichkeit entwickelt, die gewisse Einschränkungen erlaubt und doch die Wünsche an die Musik erfüllt – die MINI Music Map.

Routenplanung durchs Musikarchiv.

MINI Music Map repräsentiert das Musikarchiv zweidimensional wie auf einer Landkarte. Die Kartendarstellung ist dafür sehr geeignet, da sie bereits seit Jahrhunderten zur Orientierung, Vereinfachung und Kommunikation verwendet wird.

Innerhalb der Kartenmetapher fungieren die Interpreten und ihre jeweiligen Musikgenres als Orientierungspunkte. Als Inselgruppen dargestellt steht die Farbe der Inseln für bestimmte Genres. Die Größe der Inselgruppen variiert je nach Anzahl der hinterlegten Titel eines Interpreten. Abhängig vom Zoomfaktor zeigen bekannte Interpreten als „Leuchttürme“, um welches Genre es sich

bei dieser Inselgruppe handelt. Je weiter man in die einzelnen Inselgruppen hineinzoomt, desto trennschärfer wird die Inselaufteilung und mehr Interpreten werden erkennbar. Der Vorteil an der MINI Music Map: einerseits ermöglicht diese Form der Darstellung einen umfassenden Überblick, gleichzeitig ist der Fahrer in wenigen Schritten an der gewünschten Information angelangt.



Somit kann eine unschärfere Genre-Auswahl im Bereich eines Interpreten getroffen werden. Von dort erstellt das Programm eine Route über die Inselgruppe bzw. mehrere Inselgruppen. Benutzt der Fahrer die Suchfunktion weist ihm ein Spotlight den Weg zu den gesuchten Interpreten oder Genres.

Am jeweiligen Ort kann der Fahrer auf Wunsch weiter verweilen und noch mehr vom entsprechenden Interpreten hören, oder zum nächsten Etappenziel, dem nächsten Song, „fortfahren“. Verschiedene Filter lassen dann noch eine weitere Anpassung zu, so dass der Fahrer beispielsweise nur Musik aus einem bestimmten Jahrzehnt hört – oder seine am meist gehörten Songs.

„Man kann seine Musiksammlung so auf völlig neue Art und Weise erfahren.“
(Dr. Verena Broy, Projektleiterin Music Map)

Ordnung im System durch Metadaten.

Die Musikdateien liefern neben der Musik auch bestimmte Informationen über sich selbst, so genannte Metadaten wie beispielsweise Interpret, Genre, Dauer oder Abspielhäufigkeit. Da diese zur automatischen Sortierung und Einordnung in die Musiklandschaft verwendet werden, entfällt eine aufwändige eigene Ordnung der Dateien.

Jedoch garantiert die Auszeichnung mit Metadaten allein noch keine stimmige Zuordnung der Interpreten zu Genregruppen, da diese nicht unbedingt mit dem „menschlichen“ Musikverständnis übereinstimmen. Hier wurde basierend auf dem Wissen von Musikexperten eine passende topographische Anordnung entwickelt und somit eine noch bessere Anpassung, auch innerhalb der Genregruppen, erreicht.

Zukünftig ist durchaus eine Anbindung an MINI Connected Live denkbar. So stünden zusätzliche Informationen zu Interpret und Song über die Internetschnittstelle zur Verfügung, man könnte seine aktuelle Musikroute über Communities mit anderen teilen oder es werden bestimmte Special Editions musikalischer Landkarten für bestimmte Events angelegt. Auch die Vielfalt der Webradiosender könnte über eine Kartenlandschaft dargestellt werden. Doch das ist noch „Zukunftsmusik“.

Getestet und für gut befunden.

In ersten Nutzertests schnitt die MINI Music Map sehr gut ab. Hier wurde untersucht wie intuitiv diese Form der Darstellung und Bedienung im Vergleich zur bekannten Listendarstellung funktioniert und ob sie positiv angenommen wird. Dabei trugen die Probanden eine Spezialbrille (Okklusionsbrille), deren Gläser sich einzeln verdunkeln lassen. Mit dieser Sichteinschränkung simulieren die Versuchsleiter die Fahrsituation und können Rückschlüsse bezüglich wichtiger Kenngrößen wie Ablenkung durch die Bedienaufgabe, Blindbedienbarkeit sowie Abwendung von und Zuwendung zur Fahraufgabe ziehen.

Das Ergebnis der Untersuchungen zeigt, dass diese Form der Visualisierung nach nur kurzer Eingewöhnungszeit in vier von fünf Versuchsszenarien eine signifikant schnellere Bedienung erlaubt und darüber hinaus insgesamt attraktiver bewertet wird. Die Testpersonen bevorzugten sie hinsichtlich Gebrauchstauglichkeit, Attraktivität und Bedienfreude sogar gegenüber der nativen Darstellung auf einem iPod. Durch das räumliche Gedächtnis fällt es den Probanden nach kurzer Zeit sehr leicht, sich in der Kartendarstellung zu orientieren.

2.3 Video immer und überall – Personal Video von BMW ConnectedDrive.

Seit der Einführung von DVB-T (digitalem Fernsehen via Antenne) und DVB-S (digitalem Satellitenfernsehen) vor einigen Jahren ist Fernsehen digital geworden. Persönliche Gestaltbarkeit ist aber noch begrenzt auf den Wechsel zwischen den verschiedenen Sendern. Themen, Inhalte oder Formate sind zu jeweils bestimmten Zeiten zugänglich – ihrem Sendezeitpunkt.

Mit dem Forschungsprojekt Personal Radio von BMW ConnectedDrive gelang den Entwicklungsingenieuren der BMW Group bereits 2007 ein erster Schritt in Richtung interaktiver Medienwahl und individueller Programmgestaltung im Auto. Über Personal Radio wird eine große Auswahl an Audioinhalten zugänglich, denn mittels IP-basierten Diensten können eine Vielzahl von Radioprogrammen aus aller Welt empfangen werden – je nach Stimmung, unabhängig vom Aufenthaltsort und von der Zeit.

„Wir wollen dem Kunden ein Programm ermöglichen, das er selbst anpassen und ändern kann. Anhand gezielter Empfehlungen soll er in Zukunft das Programm sehen, das er möchte und wann er das möchte. Nicht nur dann, wenn es ausgestrahlt wird – und das sogar im Auto.“

(Thomas Helbig, Projektleiter Personal Video)

Mit Personal Video gelingt es erstmals, im Fahrzeug auch auf das reichhaltige Video-„Programm“ des Internets zuzugreifen. Im ersten Schritt wurden hierfür die BR Rundschau news angebunden. Mit den Mediatheken der öffentlich-rechtlichen Sender und Videoportalen wie beispielsweise YouTube oder Clipfish entsteht online eine völlig neue Medienwelt. Deren attraktiver Mehrwert liegt in der ständigen Verfügbarkeit – individuell zugänglich, wann immer man will. Wichtige Basis hierfür sind eine Internetverbindung mit ausreichender Bandbreite, um die entsprechenden Datenmengen – mobil – zur Verfügung stellen zu können, sowie die Verfügbarkeit von Online-Mediatheken, die einen individuellen Zugriff auf Inhalte ermöglichen.

Die Videodarstellung erlaubt durch das Bild eine informative und auch attraktive Darstellung von Inhalten. Dies kommt deutlich zum Tragen bei kurzen Beiträgen mit Informationsauftrag, wie z.B. Nachrichtenformaten. Durch die zusätzliche Bildinformation kann innerhalb kürzester Zeit viel Inhalt an den Zuschauer übermittelt werden. Kompakte und attraktiv aufbereitete Formate entsprechen den

Zeichen der Zeit und dem Bedürfnis nach ständig verfügbaren und aktuellen Informationen. Bereits heute ist ein starker Trend zu Online-Mediennutzung erkennbar, nur ist die Qualität der dort eingestellten Videos oft nicht sehr hoch.

Videoformate auf Knopfdruck.

Innerhalb von 100 Sekunden auf dem neusten Stand – die „Rundschau news“ des Bayerischen Rundfunks fassen alle wichtigen Geschehnisse des Tages kompakt und prägnant zusammen. Durch mehrmals tägliche Überarbeitung ist ständige Aktualität garantiert. Mit Personal Video wird dieses Informationsformat – in Bälde auch viele weitere Formate – auch im Automobil zugänglich. Per iDrive intuitiv bedienbar, kann der Fahrer das Video auswählen, ansehen und ist innerhalb von 100 Sekunden umfassend über den Tag informiert. Dabei kann er selber bestimmen, ob er sich die Nachrichten noch kurz vor Fahrtantritt anschauen möchte, oder bei der nächsten längeren Wartephase, wie beispielsweise an einem Bahnübergang.

„Mit Personal Video bekomme ich auch im Urlaub an der Nordsee die Nachrichten meines Lieblingssenders.“

(Dominik Schnieders, Forschungsingenieur und erster Test-User)

Die Zukunftsperspektive.

Das Internet entwickelt sich rasant, und mit ihm die vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten. Videoportale wie z. B. MyVideo oder YouTube bieten die Möglichkeit, jeglichen Inhalt online zu stellen und jederzeit wieder abzurufen. Man kann sehen was man will, wann man will – sofern es verfügbar ist. Mit Personal Video macht die BMW Group diesen Gedanken nun auch für das Auto nutzbar. Darüber hinaus ist es erklärtes Ziel von BMW, den Kunden in Zukunft ein individuelles Programm zu ermöglichen. Ein Programm, das sie sich – wenn sie wollen – selbst zusammenstellen, personalisieren, anpassen und ändern können. Es sind aber auch situative und kundenindividuelle Empfehlungen vorgesehen, die dem Kunden helfen, aus dem umfangreichen Angebot im Internet auszuwählen.

Ein wichtiger Faktor dafür ist die Auszeichnung von Inhalten mit Metadaten. Im Zuge der Digitalisierung der Broadcast-Inhalte, wurde es möglich, Inhalte zusätzlich mit Beschreibungen oder Schlüsselbegriffen auszuzeichnen, um sie bestimmten Themen oder Kategorien zuzuordnen. Wenn sich der Fahrer mehrmals sein Wunschprogramm zusammengestellt hat, erkennt das Fahrzeug allmählich Vorlieben und Sehgewohnheiten des Fahrers. Anhand dieser vom Fahrer getroffenen Auswahl kann das Fahrzeug gezielt Empfehlungen aussprechen, die der Fahrer dann wiederum modifizieren und verfeinern kann – so wie

dies bereits aus verschiedenen intelligenten Playlists von Musikwiedergabeprogrammen bekannt ist. Selbstverständlich ist zu jeder Zeit sichergestellt, dass die persönlichen Daten des Fahrers geschützt sind.

Besteht eine gute Breitbandverbindung, könnte das Fahrzeug die favorisierten Inhalte bereits frühzeitig herunterladen – und nicht erst, wenn sie angefordert werden. So stehen dem Fahrer bereits vor Fahrtantritt die jeweils aktuellen Versionen zur Verfügung. Das Fahrzeug ist damit zum Abspielzeitpunkt unabhängig von Bandbreiten, Netzabbrüchen oder sonstigen Störungen. Durch das Download-Verfahren kann (gegenüber dem Video-Streaming) die Wiedergabequalität von der verfügbaren Bandbreite entkoppelt und damit verbessert werden.

Erster Schritt zur Vernetzung der Lebenswelten.

Personal Video überträgt bekannte Elemente aus dem Heimanwenderbereich ins Fahrzeug. Die Adaption für das Auto wurde so gestaltet, dass kein Umgewöhnen nötig ist und weiterhin eine einfache Benutzerführung garantiert wird. Teilweise konnte sogar eine noch bessere und intuitive Benutzerführung realisiert werden. Zudem wird im Rahmen der Forschungsarbeiten ein Browser in das Fahrzeug integriert, der den neuesten HTML-Standard zur Verfügung stellt und vor allem eine integrierte Videofähigkeit bietet. Die BMW Group erkennt auch hier die Zeichen Zeit und orientiert sich an diesem kommenden Standard. Für den Kunden bleibt alles jedoch so nutzerfreundlich wie gewohnt.

Damit ein Fahrzeug auch auf der Straße wirklich videofähig wird, sind allerdings noch einige Hürden zu nehmen. Hinter dieser scheinbar recht simplen Idee steckt sehr viel Entwicklungsarbeit. Die nachträgliche Integration in die bereits bestehende Fahrzeugperipherie des BMW 7ers, den die Ingenieure als Forschungsfahrzeug nutzen, gelang durch das Know-how der Entwicklungsingenieure sowie durch intensive und enge Zusammenarbeit mit den Kollegen aus den jeweiligen Fachabteilungen. Das Fahrzeug breitbandfähig zu machen (sei es mit WLAN, WIMAX, UMTS oder anderen zukünftigen Technologien) ist aber nur eine Seite der Medaille. Flächendeckend verfügbare Breitbandnetze, die auch im Tunnel oder in den Hochhausschluchten von New York City nicht zu Ausfällen führen, sind noch zu realisieren und wirtschaftliche Nutzungsszenarien sind auszuloten.

Insgesamt stellt Personal Video einen weiteren Schritt für die Vernetzung der Lebenswelten dar. In Zukunft wird auch das Auto über Breitbandtechnologien verfügen und damit zu einem integrierten Bestandteil der vernetzten Welt. Fahrzeuge werden in Zukunft „intelligenter“, sprechen situativ und kontextbezogene Empfehlungen aus und bieten interessante und relevante Video- und

Audio-Inhalte an. So kann der Fahrer seinem Fahrzeug mitteilen, dass er auf Urlaubsreise ist und Informationen über die Region benötigt, ein gutes Hotel sucht oder Nachrichten hören will.

Hintergrund dabei: Viele Menschen verbringen täglich immer mehr Zeit im Auto. Und diese Zeit gilt es, möglichst effizient zu nutzen. Ob der Fahrer diese Zeit zur Entspannung, Information, Unterhaltung oder Arbeit nutzen will, bleibt ihm überlassen. Vorlieben, Interessen und Sehgewohnheiten können für das Profil im Fahrzeug schon bequem von zu Hause aus festgelegt werden.

3. Wegbereiter für die Zukunft der individuellen Mobilität.

3.1 Nachhaltiges Verkehrsmanagement.

Warum engagiert sich die BMW Group im Verkehrsbereich?

Als einer der führenden Automobilhersteller nimmt die BMW Group ihre soziale Verantwortung sehr ernst. Daher engagiert sie sich weit über die üblichen Aktivitäten eines Automobilherstellers hinaus in zahlreichen Projekten, um zur Lösung der Verkehrsproblematik in Ballungsräumen und damit zur CO₂-Reduzierung beizutragen. Die Ingenieure der BMW Group haben errechnet, dass sich durch die gezielte Umsetzung von Verkehrsmanagementmaßnahmen wie einer „optimierten grünen Welle“ oder dynamischen Verkehrssteuerungen allein in Deutschland die durch Pkw verursachten CO₂-Emissionen um rund 8 % verringern lassen – das entspricht 7,4 Mio. Tonnen CO₂.

Neben der ökologischen Entlastung trägt die BMW Group durch intelligentes Verkehrsmanagement auch aktiv zur Steigerung der Lebensqualität in Ballungszentren bei. Besonders wichtig sind der BMW Group dabei die Entwicklung von nachhaltigen Lösungen, die nicht nur schnell, sondern auch lange dazu beitragen, die negativen Auswirkungen des Individualverkehrs zu minimieren, ohne den Einzelnen in der individuellen Mobilität einzuschränken.

Die BMW Group ist dabei vor allem in der Rolle des Ideengebers tätig, die Umsetzung geschieht in Kooperation mit Verwaltung und den relevanten politischen Stellen. Dabei sieht das Unternehmen das Automobil als Teil eines komplexen Netzwerks aus unterschiedlichen Verkehrsträgern, dessen Stärken bestmöglich zum Tragen kommen sollen. Innovative Mobilitäts-, Telematik- und Navigationslösungen sollen helfen, die Effizienz im Straßenverkehr zu steigern.

3.1.1 Wenn Autos mit Ampeln reden – effizient durch Verkehrsdaten.

Die BMW Group hat mit Efficient Dynamics eine Vorreiterrolle in der Automobilindustrie eingenommen. Flächendeckend über alle Baureihen kommen die Maßnahmen aus diesem Paket in den Fahrzeugen der BMW Group zum Einsatz. Beispielsweise ist die Auto-Start-Stop-Funktion mittlerweile nicht mehr aus den BMW und MINI Modellen wegzudenken. Jeder Ampelstopp wird damit zum Einsparungspotential, denn kuppelt der Fahrer aus, geht der Motor aus. Ist die Wartezeit länger als vier Sekunden wird aktiv Energie gespart und damit Verbrauch und Emissionen gesenkt.

Doch wie kann der Fahrer wissen, wie lange der Stopp dauern wird?



Diese und andere Fragen bewegen die Verkehrsforscher der BMW Group. Sie beschäftigen sich damit, welche Informationen aus der Verkehrsinfrastruktur für Fahrer und Fahrzeug interessant sein können und wie diese ins Fahrzeug gelangen.

Wenn Autos mit Ampeln und Schilderbrücken sprechen.

Die Lösung könnte in der sogenannten Car2X-Kommunikation per WLAN liegen. Zum einen kann das X für Infrastruktur wie Ampeln oder Baustellenbarken stehen. Dann erhalten die Fahrzeuge ein Mehr an Information direkt daraus. Denkbar wäre aber auch die Zwischenschaltung von Verkehrszentralen. Hier können Informationen gesammelt, abgeglichen, ausgewertet und gezielt zur Verfügung gestellt werden.

Die Ingenieure der BMW Group arbeiten schon seit einigen Jahren am Informationsaustausch zwischen einzelnen Fahrzeugen, aber auch mit der Verkehrsinfrastruktur wie zum Beispiel Ampelanlagen. Diese Technologie kann nicht nur helfen, Unfälle zu vermeiden, sondern auch die Wirksamkeit von Efficient Dynamics verbessern. Nehmen wir das Auto-Start-Stop-Beispiel. Erhält das Fahrzeug von der Ampel die zusätzliche Information, wie lange die Rotphase dauert, kann es für einen sehr kurzen Stillstand (unter vier Sekunden) die Auto-Start-Stop-Funktion deaktivieren, für längere Standzeiten kommt die Energiesparmaßnahme zum Einsatz. Alles für ein Maximum an Effizienz.

Die Ingenieure der BMW Group möchten diese Ideen mit dem Aufbau eines Testfelds verifizieren, um das Prinzip auch in der Praxis zu erproben und weitere wichtige Erkenntnisse zu gewinnen. Denn gerade in der Optimierung der Verkehrssteuerung durch bedarfsgerechte Ampelschaltungen, sehen die Ingenieure zukünftig deutliches Potential zur Einsparung von Kraftstoff und Zeit gegenüber einer nicht optimierten Ampelan- und durchfahrt. Das bewusste Herbeiführen von grünen Wellen und die effiziente Nutzung der Standzeiten bei Rotphasen bieten erhebliches Potential.

Nicht schneller als erlaubt, aber effizienter.

Neben der innerstädtischen Effizienzoptimierung an Ampeln, versuchen die Ingenieure auch die Fahrt außerhalb geschlossener Ortschaften durch Verkehrsdaten noch effizienter zu gestalten. Beispiele hierfür sind Informationen über die Anzeige von Tempolimits an Schilderbrücken, die von der Verkehrszentrale übermittelt in der entsprechenden Reaktion des Fahrers münden. Fährt der Fahrer beispielsweise auf der Autobahn mit 120 km/h, weiß aber, dass in einigen hundert Metern nur noch Tempo 80 erlaubt ist, kann er rechtzeitig vom Gas gehen und durch Nutzen der vorhandenen Energie unnötiges Gasgeben und Bremsen vermeiden, um die erlaubte Geschwindigkeit zu erreichen.

Kamerasysteme wie die Verkehrszeichenerkennung im BMW 7er können diese Information schon heute erfassen, aber nur aus nächster Nähe. Die Idee der Verkehrstechniker ist es, diese Informationen dem Fahrzeug durch eine direkte Anbindung an die Verkehrssteuerung der Verkehrszentralen zu übermitteln. Diese Form der Speed-Limit-Info wurde in einem Forschungsprojekt bereits erfolgreich umgesetzt. Nun gilt es, die Erschließung und Integration der Daten voranzutreiben.

Ein anderer Anwendungsfall sind Baustellen oder sonstige Verkehrshindernisse wie Umleitungen, gesperrte Teilstrecken und Stauungen. Auch diese Informationen können über zentrale Schnittstellen als Daten rechtzeitig zur Verfügung gestellt werden. Dies bedeutet einen Effizienzgewinn, aber auch mehr Sicherheit und in vielen Fällen Zeitersparnis.

„Durch das Wissen um aktuelle Geschwindigkeitsbegrenzungen, kann das Fahrzeug der Verkehrssituation angepasste Empfehlungen für den Fahrer aussprechen, um effizient und sicher ans Ziel zu kommen.“

(Martin Hauschild, Teamleiter Verkehrstechnologie)

3.1.2 Intermodale Routenführung – das Beste von Allem.

Hinter dem Begriff Intermodale Routenführung verbirgt sich der Gedanke, die individuelle Mobilität zu fördern, indem man vorhandene Verkehrssysteme nutzt und miteinander vernetzt. Daher bemüht sich die BMW Group um eine integrative Anbindung und die synergetische Nutzung verschiedener Verkehrsmittel. Damit BMW und MINI Fahrer ihr Ziel möglichst rasch und entspannt erreichen, werden die Nutzung eines Autos mit Verkehrsträgern des öffentlichen Personen-Nahverkehrs (ÖPNV) unter Einbeziehung der Parkraumsituation intelligent verknüpft.

Den schnellsten und bequemsten Weg wählen – mit und ohne Auto.

Das Konzept Park & Ride bietet perfekte Anschlusspunkte für eine gezielte Vernetzung. Denn gerade in Ballungszentren kann es für den Einzelnen sinnvoller sein, das eigene Auto auf dem Weg in die Innenstadt stehen zu lassen – vor allem wenn U-Bahn, Bus oder Straßenbahn schneller und bequemer zum Ziel führen. Das trifft beispielsweise zu, wenn das Straßennetz überlastet ist, das Fahrziel nicht direkt mit dem eigenen Pkw erreichbar ist, es vor Ort keine ausreichenden Parkmöglichkeiten (mehr) gibt oder das Parken wesentlich teurer als ein U-Bahn-Ticket ist. So spart der Kunde neben wertvoller Zeit auch Geld. Die lästige Parkplatzsuche in der Stadt und der damit einhergehende Mehrverbrauch entfallen. Als potenzielle Anwender kommen damit nicht nur Berufspendler, sondern auch Touristen oder Berufstätige in

Frage, die nicht regelmäßig in die Innenstadt fahren. Aber auch der umgekehrte Fall ist denkbar. Erfährt der Pendler, der täglich die Park&Ride Möglichkeiten nutzt, von einer aktuellen Störung des ÖPNV, kann er frühzeitig umdisponieren und ausnahmsweise im Auto zur Arbeit fahren.

Damit Alternativen zum eigenen Auto attraktiv genug sind, muss ein leistungsfähiger Mobilitätsdienst den Fahrer auch außerhalb seines Fahrzeugs zuverlässig mit Informationen versorgen. Der Schlüssel zur kombinierten Nutzung von Verkehrssystemen liegt deshalb zum einen in der Bereitstellung aktueller Informationen zum öffentlichen Verkehr, sowie zur Parksituation im Auto; zum anderen im Einsatz mobiler Endgeräte. So kann der Fahrer vor der Fahrt und unterwegs eine Abfrage nach dem für ihn günstigsten Reiseplan starten. Durch die Vernetzung des Endgeräts mit dem Bordcomputer und damit auch mit dem Navigationssystem, steht die gewünschte Route dann sowohl im Fahrzeug als auch außerhalb zur Verfügung.

Wichtige Kriterien für oder gegen eine kombinierte Nutzung wie die voraussichtliche Fahrzeit, die mögliche Zeitersparnis, der Kostenvorteil, die letztmögliche Rückfahrt zum Parkplatz aber auch eventuelle Verzögerungen im Reiseablauf müssen dem Kunden jederzeit zur Verfügung stehen. Außerdem muss der vorgeschlagene Park & Ride-Parkplatz frei und einfach zu finden und der Umstieg problemlos zu bewältigen sein.

Zielführend, umsichtig und ständig aktuell.

An folgendem Beispiel lässt sich vorstellen, wie in Zukunft die intermodale Reiseassistenz in der Praxis funktionieren kann. Von Landshut aus startet der Fahrer nach München, um die BMW Welt zu besuchen. Am späten Nachmittag hat er einen Termin direkt im Zentrum der Landeshauptstadt. Aufgrund einer Veranstaltung ist die Innenstadt für Autos großflächig gesperrt und die Baustellen in der Leopoldstraße sorgen neben der längeren Fahrzeit gerade im Berufsverkehr für eine kraftstoffintensive und anstrengende Stop-and-Go-Fahrweise.

„Die intermodale Reiseassistenz findet jederzeit nicht nur die schnellste, sondern auch die günstigste und bequemste Verbindung zum Ziel – und ist jederzeit aktuell. Sogar der Parkplatz gehört dazu.“

(Dr. Markus Mailer, BMW Group Verkehrsmanagement,
Projektleiter Intermodaler Routenplaner)

Nach Eingabe der Reisestationen zeigt die intermodale Reiseassistent die Fahrtroute zum ersten Ziel an, empfiehlt jedoch für die Fahrt zum Marienplatz die Nutzung der öffentlichen Verkehrsmittel. Sobald der Fahrer den Vorschlag bestätigt, berechnet das Navigationssystem die komplette Reiseroute mit U-Bahn-Anbindungen sowie den verbleibenden Fußweg zur Zieladresse. Dabei überprüft es automatisch die Belegung der Parkhäuser und sucht nach der optimalen Anbindung für die Weiterreise mit dem ÖPNV.

Der Nutzer erhält außerdem alle relevanten Informationen wie Fahrkosten, Abfahrtszeiten, Umsteigebahnhöfe sowie die letztmögliche Fahrt zurück zu seinem Fahrzeug. Da der Mobilitätsdienst ständig mit aktuellen Verkehrsdaten versorgt wird, berücksichtigt die Reiseassistent bei der dynamisierten Routenplanung auch auftretende Störungen und schlägt bei Bedarf Alternativen vor.

Pilotversuch in München.

Zunächst wird die Intermodale Routenführung in München in den Probebetrieb gehen. Dabei arbeitet die BMW Group als Mobilitätsdienstleister über den BMW Dienst „Parkinfo“ eng mit den Münchner Verkehrsbetrieben (MVG) zusammen. Nach erfolgreich bestandener Generalprobe steht dem Einsatz in anderen Ballungszentren weltweit nichts mehr im Wege. Die technischen Möglichkeiten für eine erfolgreiche Umsetzung des ehrgeizigen Projekts existieren bereits heute. Die Herausforderung für die Zukunft besteht jedoch in der intelligenten Vernetzung und Nutzbarmachung der erhobenen Daten über das Verkehrsgeschehen sowie der Integration ins Fahrzeug.

3.1.3 TPEG – die Datenrevolution.

Bereits seit einigen Jahren sind Navigationssysteme nicht mehr nur in der Lage den Weg zu weisen, sie können zudem auf unvorhergesehene Ereignisse, wie Staus, reagieren und Umgehungsrouten anbieten. Möglich wurde dies durch die Vermittlung von Verkehrsdaten über das Radio, den so genannten Traffic Message Channel (TMC). Die großflächige Kommunikation von Verkehrsbehinderungen per TMC funktioniert nach wie vor relativ gut, mittlerweile werden jedoch die Grenzen dieser Übertragungsform erreicht.

Im Hinblick auf kommende verkehrsinformationsbasierte Reisedienste wie den Intermodalen Routenführer der BMW Group ist TMC den Anforderungen nicht mehr gewachsen. Denn die neuen Funktionalitäten im Automobil sind neben den reinen Verkehrsdaten auf deutlich mehr Informationen mit relativ großen Datenmengen angewiesen. Da TMC über das FM Radio zu empfangen ist, welches nur über eine eingeschränkte Bandbreite verfügt, können große Datenmengen jedoch nur unvollständig oder sehr langsam empfangen werden. Ein neuer, leistungsfähigerer Übertragungsstandard ist notwendig.

Mehr Leistung, mehr Funktionen.

Die Lösung dieses Problems heißt TPEG (Transportation Protocol Expert Group). Diese vier Buchstaben bezeichnen einen neuen, internationalen Standard für das Aussenden von sprachunabhängigen und multimodalen Verkehrs- und Reiseinformationen. Für den Übertrag auf das Fahrzeug wurde im Rahmen des Projekts „mobile.info“ das TPEG Automotive Profile (TAP) entwickelt. Innerhalb dieses Projekts verschiedener Automobilhersteller und Verkehrsdienstanbieter zur Ausschöpfung des Potentials von Verkehrsinformationen, war die BMW Group besonders bei der Entwicklung dieser TPEG Erweiterung Feder führend.

Mit TAP ist es möglich, deutlich mehr Bandbreite effizienter zu nutzen als mit anderen Übertragungsprotokollen bisher. Die Besonderheit der neuen Übertragungsform ist, dass die versendeten Informationen einerseits besser von Maschinen verarbeitet und andererseits schnell und einfach aufbereitet werden können, so dass sie vom Menschen verstanden werden. Konkret bedeutet dies, dass Ortsreferenzierungen, Aktualisierungen und die Nachrichtenverwaltung damit nun deutlich besser, schneller und vor allem zuverlässiger werden. Einhergehend mit der Entwicklung der breitbandigen Übertragungswege wie Mobilfunk, DAB (Digital Audio Broadcasting) oder HD Radio in den USA, ermöglicht TPEG dem Kunden, bequem und nahezu überall auf eine möglichst große Informationsvielfalt zuzugreifen.

„TPEG ist der automobilen Telematikstandard der Zukunft. Es ist ein Türöffner für neue Dienste wie innerstädtische Verkehrsflussinformation, Wetter- und Gefahrenmeldungen oder auch Spritpreise und Parkhausbelegungen.“

(Martin Hauschild, BMW Group Verkehrstechnik)

Mehr Informationen, mehr Möglichkeiten.

Das TPEG Automotive Profile (TAP) bietet den Rahmen für zahlreiche Applikationen und Funktionalitäten. Deckte TMC bislang nur einzelne Verkehrseignisse, wie hohes Verkehrsaufkommen, Stau, Unfälle, Sperrungen und diese nur auf Autobahnen ab, bezieht TAP auch Verkehrsinformationen von Bundesstraßen und Innenstädten mit ein. Da Ortung und Ortsabbildbarkeit weiter optimiert wurden, wird auch die Navigationsfunktion besser. Zudem werden nützliche Informationen wie Verkehrsfluss und Verkehrsgeschwindigkeit, Wetterinformationen, Parkmöglichkeiten und deren Belegung, Anschluss an andere Verkehrsmittel sowie Tankstellen mit den jeweiligen Kraftstoffpreisen zugänglich. Die zwei exemplarischen Anwendungen Traffic Event Compact (TEC) und Traffic Flow and Prediction (TFP) geben einen kleinen Ausblick dahingehend, was mit dem TPEG Protokoll in Zukunft möglich sein kann.

„Mit TPEG eröffnen sich völlig neue Möglichkeiten der verkehrsbasierten Informationsnutzung.“

(Robert Hein, BMW Group Forschung und Technik)

Das liegt auf dem Weg – Traffic Event Compact.

Die Applikation Traffic Event Compact (TEC) ist der Funktionalität des TMC nachempfunden und spezifiziert Verkehrseignisse. Wie bereits vom TMC bekannt, werden Stauungen, Baustellen und Behinderungen bekannt gegeben. Jedoch nicht mehr nur ausschließlich für Autobahnen sondern auch für Bundesstraßen und Innenstädte. Zudem ist die Übertragung der Verkehrsdaten durch TAP deutlich schneller und zuverlässiger.

Theoretisch kann TEC auch Verkehrsflussinformationen übertragen. Diese Informationen sind wichtig, denn sie verraten, wo Verkehr fließt und wo nicht. Sie sind aber über TEC sehr bandbreitenintensiv, deshalb ist die Realisierung von entsprechender Infrastruktur abhängig. In Asien steht über DAB beispielsweise genügend Bandbreite zur Verfügung, in Europa dagegen ist die Infrastruktur der Datenübertragung noch nicht so weit fortgeschritten. Die Darstellung von Verkehrsflussinformationen wurde daher im Rahmen von „Traffic Flow and Prediction“ (TFP) weiterentwickelt.

Alles im Fluss – Traffic Flow and Prediction (TFP).

Im Gegensatz zu TEC ermöglicht Traffic Flow and Prediction (TFP) die sehr effiziente Enkodierung und Übertragung von Verkehrsflussinformationen. Der Wert dieser Informationen liegt darin, dass allein aus einer Staumeldung noch nicht zu entnehmen ist, ob der Verkehr komplett steht oder zumindest langsam fließt. Durch die Verkehrsflussinformation dagegen wird beispielsweise ersichtlich, dass in dem vor einem liegenden Streckenabschnitt der Verkehr mit 30 km/h fließt. Aus diesen Informationen kann errechnet werden, wie hoch der Zeitverlust im Stau im Gegensatz zur Umgehungsroute ist und welche Alternative die hinsichtlich Zeit und Effizienz günstigste ist.

TFP sammelt aber nicht nur momentane Verkehrsflussinformationen, sondern auch historische. Anhand dieser lassen sich gute Vorhersagen für das Verkehrsaufkommen zu einer bestimmten Zeit an einem bestimmten Ort treffen. TFP ermöglicht damit eine intelligente, sowie tageszeit- und verkehrsabhängige Routenplanung. Denn bei Fahrtantritt ist für den Fahrer nicht relevant, was momentan an einer Stelle passiert, die er erst in einer Stunde passieren wird. Viel wichtiger ist zu wissen, wie es dort in einer Stunde aussehen wird, um die Route entsprechend zu planen.

Ein erster Feldversuch mit dem neuen Übertragungsprotokoll TAP und der Applikation TFP in den USA wurde im November 2008 erfolgreich und vielversprechend abgeschlossen. In Kollaboration mit dem Verkehrsinformationsanbieter ClearChannel wurden die Verkehrsdaten über HD Radio, dem Pendant zu dem zukünftigen europäischen Format DAB, ausgestrahlt. Die Versuche wiesen nach, dass TPEG Automotive Profile und TFP reif für die Serienentwicklung und Einführung sind. Weiterführende Versuchsreihen laufen aktuell in München.

Herausforderungen für die Serieneinführung.

Die technische Infrastruktur zur Verwendung des TPEG Standards besteht bereits. Was noch fehlt, ist die breite Basis von Verkehrsdaten, um alle gewünschten Informationen zugänglich zu machen. Denn je mehr Daten zur Verfügung stehen, desto besser wird auch die Vorhersagbarkeit von Verkehrseignissen. Die Erhebung dieser Daten steht allerdings gerade erst am Anfang. Zwar kann man momentan bereits mittels GPS Tracking und autonomen Radardetektoren mit Solarzellen an neuralgischen Punkten den Verkehrsfluss und dessen Geschwindigkeit messen, jedoch ist erst durch eine flächendeckende Erhebung eine valide Vorhersagbarkeit gegeben. Da immer mehr Datenerhebungsmechanismen implementiert werden, ist zu erwarten, dass die Informationsdichte in den nächsten Jahren stark zunehmen wird.

„Für die Zukunft streben wir ein integriertes Konzept an. Damit erhält der Fahrer über eine einzige Zieleingabe alle nötigen Informationen, Verkehrsstörungen, die Nutzung von öffentlichem Nahverkehr und sogar eine Tankstellenanzeige, die den Füllstand des Tanks berücksichtigt.“

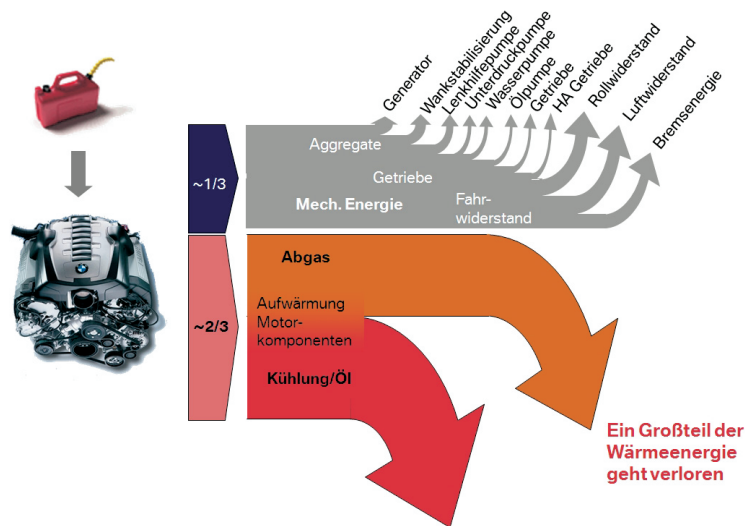
(Robert Hein)

Vernetzung der Welten und Zukunftsszenarien.

Es bleibt zu klären, wie in Zukunft mit der enormen Datenflut zielführend umgegangen werden kann. Allein die Informationen darüber, wo Verkehrsstörungen oder Parkhäuser sind und wie voll sie sind, reichen noch nicht aus. Diese Einzelinformationen gilt es in Zukunft zusammenzuführen, intelligent aufzubereiten und gezielt verfügbar machen. Einen ersten Schritt in diese Richtung zeigt das Projekt Intermodale Routenführung der BMW Group. TPEG schafft die Basis dafür, Informationen über Verkehrsbehinderungen, Parkhausverfügbarkeit, Anbindung an den öffentlichen Nahverkehr und weitere wertvolle Zusatzinformationen ins Auto zu bringen. So kann der Fahrer durch eine einzelne Anforderung die optimale Route erhalten. Da TPEG außerdem verschiedene Übertragungswege vorsieht, sind die gewünschten Informationen einerseits per Mobilfunk auf dem Handy verfügbar, andererseits per DAB auf dem Navigationssystem.

3.2 Intelligentes Wärmemanagement.

War man lange Zeit bemüht, Wärme im Fahrzeug möglichst zu vermeiden und damit einer Überhitzung der Bauteile vorzubeugen, fand in den letzten Jahren im Rahmen der Reduzierung von CO₂-Emissionen ein signifikanter Denkwandel statt. Selbst in einem sehr effizient arbeitenden Verbrennungsmotor kann nur rund ein Drittel der Energie, die im Kraftstoff steckt, in Vortrieb umgesetzt werden. Die restlichen zwei Drittel gehen in Form von Wärme verloren, die über das Abgas und den Kühler an die Umgebung abgegeben wird.



Energieverteilung im Auto

Macht man diese Energie mittels intelligentem Wärmemanagement nutzbar, liegt hier großes Potential zur Verbrauchssenkung und damit zur Reduzierung von CO₂-Emissionen. Zwar wird bereits heute ein kleiner Teil der Wärmeenergie genutzt (beispielsweise beim Motorwarmlauf oder über die Abgasturboaufladung), doch lässt sich durch weitere gezielte Maßnahmen der Verbrauch und damit auch die CO₂-Emissionen der Fahrzeuge noch einmal um mehrere Prozentpunkte senken.

Die Herausforderung beim Wärmemanagement besteht jedoch darin, die in der Wärme enthaltene Energie im Fahrzeug nutzbar zu machen. Daher arbeiten die Entwicklungsingenieure der BMW Group intensiv an viel versprechenden Projekten, um die bislang ungenutzte Verlustwärme zur Verbrauchssenkung, aber auch zur Komfortsteigerung zu nutzen. Da jedoch nicht jede Maßnahme für jeden Motorentyp sinnvoll ist, achten die Ingenieure genau darauf,

welches Ziel mit welcher Maßnahme in bestimmten Kontexten am besten erreicht werden kann. Wie dies aussehen kann zeigen drei exemplarische Entwicklungsprojekte.

3.2.1 Nie wieder Kaltstart.

Der Kaltstart ist der Betriebszustand, in dem der Motor bedingt durch die erhöhte innere Reibung sowie die hohe Viskosität des kalten Motoröls am meisten Kraftstoff verbraucht. Gegenüber einem warm gefahrenen Motor liegt der Mehrverbrauch bei bis zu zehn Prozent. Da hier ein sehr großes Potential zur Verbrauchssenkung und damit auch zur Vermeidung von CO₂-Emissionen liegt, arbeiten die Ingenieure mit Hochdruck daran, durch intelligentes Wärmemanagement den Kaltstart weitgehend zu vermeiden bzw. die Warmlaufphase signifikant zu verkürzen.

„Wir wollen, dass die Fahrzeuge möglichst schnell warm werden, denn höhere Temperaturen bedeuten weniger Reibung, weniger Reibung bedeutet weniger Verbrauch und damit weniger CO₂.“

(Dr. Andreas Eder, leitet die Vorentwicklungsprojekte Wärmemanagement)

Der Lösungsansatz beinhaltet Maßnahmen zur besseren Wärmedämmung des Motors, um einmal erlangte Wärme im Motor und Motorraum möglichst lange aufrecht zu erhalten. Während der Fahrt wird viel thermische Energie erzeugt, die auch nach Beendigung der Fahrt zur Verfügung steht: Sie ist in Bauteilen wie dem Motor und Getriebe selbst gespeichert. Ziel der Ingenieure ist, ein schnelles Abkühlen zu verhindern und möglichst viel der Restwärme vorzuhalten, um den Motor für die nächste Fahrt nicht komplett kalt starten zu müssen. Eine Maßnahme, die insbesondere im realen Kundenbetrieb zu einer signifikanten Kraftstoffreduzierung führt.

Bitte warm halten!

Um die Temperatur im Motorraum möglichst lange möglichst hoch zu halten und die Warmlaufphase nicht bei der Umgebungstemperatur beginnen zu müssen, wird der Motor vollständig eingekapselt. Abgesehen von den bereits seit 2007 mit BMW EfficientDynamics eingeführten Luftklappen hinter der BMW Niere, ist der Motor des Prototypen komplett von ausgekleideten Schottwänden umgeben. Als Isolationsmaterial greifen die Ingenieure dabei auf bereits bewährte Materialien aus dem Fahrzeugunterboden zurück. Aufgrund des von Haus aus sehr wirkungsvollen Kühlsystems droht auch trotz der Isolierung keine Überhitzung. Im Gegenteil: bisher nur mit erheblichem Aufwand gekühlte Bauteile im Motorraum werden von der Kapselung besser vor der Motorabwärme geschützt.

Durch die Kapselung kühlt ein 80°C warmer Motor nach der Fahrt nun deutlich langsamer ab und ist selbst nach zwölf Stunden immer noch ca. 40°C warm. Dabei haben Untersuchungen gezeigt, dass im Kundenbetrieb nur ca. zwölf Prozent der Abstellzeiten mehr als 16 Stunden betragen. Jedes erhaltene Grad Celsius hat dabei merklichen Einfluss auf den Verbrauch. Gegenüber einem kalten Motor liegt die Ersparnis allein durch diese Maßnahme bei bis zu 0,2% pro Grad Celsius Temperaturerhalt.

Mehr Komfort bei weniger Verbrauch.

Grundsätzlich ist die Wärmeerhaltung für alle Fahrzeugtypen und Klimazonen gleichermaßen geeignet, wenngleich bei niedrigen Außentemperaturen der Effekt etwas stärker zum Tragen kommt. Diese sehr effiziente Wärmedämmung des Antriebs hat zusätzlich noch einige positive Nebeneffekte: Zum einen werden viele Maßnahmen zur Geräuschkämmung im Motorraum überflüssig, da die Schallquelle direkt isoliert wird. Dadurch wird nicht nur Gewicht gespart, sondern gleichzeitig das Akustik-Verhalten hörbar verbessert. Insgesamt liegt der Kundennutzen der innovativen Isolierung des Motorraums nicht nur im geringeren Kraftstoffverbrauch. Vielmehr ist damit auch zusätzlicher Komfortgewinn verbunden, denn neben der akustischen Verbesserung durch die Isolierung wird zudem der Innenraum bei kühler Witterung schneller erwärmt, da auch das Kühlmittel warm gehalten wird.

3.2.2 Mit Abgaswärme heizen und Emissionen vermeiden.

Neben der Wärmespeicherung birgt auch die Nutzung der Wärmeenergie im Abgas große Einspar- und Komfortpotentiale. Die Verwendung der Wärme zur Beheizung des Innenraums bietet bei Fahrzeugen mit Dieselmotoren je nach Umgebungstemperatur und Fahrprofil ein Einsparpotential von bis zu zehn Prozent. Bei Ottomotoren bietet sich ein Abgaswärmetauscher dazu an, den Antriebsstrang schnell auf Temperatur zu bringen und die Reibung z.B. im Getriebe zu minimieren. Dieser überträgt die Wärme bzw. thermische Energie von einem Stoffstrom auf einen anderen, hier also die Wärme des Abgases auf das Öl im Automatikgetriebe. Von Fahrtbeginn an wird so kontinuierlich zusätzliche Wärme zugeführt.

Zusätzliche Heizenergie ohne Mehrverbrauch.

Moderne, direkt einspritzende Dieselmotoren arbeiten mittlerweile so effizient, dass die an den Kühlkreislauf und damit die an die Heizung abgegebene Wärmemenge nicht immer ausreicht, um die Komfortansprüche der Kunden zu befriedigen. Deshalb ist es derzeit üblich, Fahrzeuge mit einer elektrischen Zusatzheizung auszustatten. Dieser Zuheizung bezieht seine Heizleistung aus bis zu 1.000 Watt elektrischer Energie.

Um diese Energie für die Zusatzheizung zur Verfügung zu stellen, muss vom Motor eine Leistung von bis zu 2.000 Watt aufgebracht werden. Denn um ein Watt elektrische Energie zu erzeugen, muss der Verbrennungsmotor etwa die doppelte mechanische Energie bereitstellen. Insgesamt ist die zusätzliche Heizung mit einem zusätzlichen Kraftstoffverbrauch von bis zu einem Liter verbunden.

Um diesen Mehrverbrauch zu vermeiden, kann das heiße Abgas durch den Einsatz eines Wärmetauschers, der möglichst nahe am Katalysator und Dieselpartikelfilter angebracht ist, als zusätzliche Wärmequelle für die Innenraumheizung genutzt werden. Die Verlustwärme aus dem Abgasstrang trägt so zur zusätzlichen Beheizung des Fahrzeuginnenraums bei. Bei geeigneter Konstruktion sind Heizleistungen möglich, die mit der von elektrischen Zusatzheizungen vergleichbar sind. Elektrische Heizmodule, die zusätzlichen Kraftstoff kosten, sind damit überflüssig.

Der Kontext bestimmt das Einsparpotential.

Nicht jede Maßnahme ist für jeden Motorentyp gleich sinnvoll bzw. auf jedes Fahrzeugkonzept beliebig übertragbar. Daher achten die Ingenieure der BMW Group genau darauf, welches Ziel mit welcher Maßnahme in einem bestimmten Kontext am besten erreicht werden kann. Der Abgaswärmetauscher beispielsweise wird deshalb in den Entwicklungsprojekten der BMW Group unterschiedlich eingesetzt. Das größere Einsparpotential des Abgaswärmetauschers liegt bei Dieselmotoren in der zusätzlichen Beheizung des Innenraums, während er bei Ottomotoren zur Verkürzung der Warmlaufphase beiträgt.

Darüber hinaus ist der Nutzen des intelligenten Wärmemanagements nicht nur von der Außentemperatur, sondern auch von der Motorisierung, der Fahrzeuggröße und der hauptsächlichen Fahrzeugnutzung (Stadtbetrieb oder Langstrecke) abhängig. Im EU-Testzyklus ist wegen der vorgegebenen Starttemperatur von 20-30°C das Potential nicht ausweisbar. Im realen Praxisbetrieb spürt der Kunde die Verbrauchsvorteile spätestens beim nächsten Halt an der Tankstelle.

3.2.3 Strom aus Abwärme – der thermoelektrische Generator.

Eine völlig andere Form der Wärmenutzung eröffnet der thermoelektrische Generator (TEG). Er ermöglicht, aus der noch ungenutzten Wärmeenergie des Abgases Strom zu erzeugen. Nach der Vorstellung des Funktionsprinzips des thermoelektrischen Generators im letzten Jahr, zeigt die BMW Group nun die nächste Entwicklungsstufe dieses Projekts. Zunächst noch als alleinstehende

Unterbodenlösung vorgestellt, die seit 2004 unter anderem im Rahmen eines vom amerikanischen Energieministeriums geförderten Projekts entwickelt wurde, präsentieren die Ingenieure den TEG nun als integriertes Bauteil im Kühler der Abgasrückführung. In dieser neuen Entwicklungsstufe sorgt der TEG im Kundenbetrieb für eine Energiegewinnung von bis zu 250 Watt und ermöglicht damit bereits einen CO₂- bzw. Verbrauchsvorteil von bis zu zwei Prozent.

Stromerzeugung im Fahrzeug: eine Prozesskette mit vielen Verlusten.

Der Grad der Elektrifizierung im Fahrzeug, die Ausstattungsumfänge und damit der Stromverbrauch nehmen immer mehr zu. Die Stromerzeugung ist heute – je nach Fahrzeugtyp, Ausstattung und Streckenprofil – für drei bis acht Prozent des gesamten Kraftstoffverbrauchs im Kundenbetrieb verantwortlich. Bedingt wird dies durch die hohen Verluste, die mit den verschiedenen Wirkungsgraden und Übersetzungsstufen im Fahrzeug einhergehen.

Um diesen Energiebedarf ohne Kraftstoffverbrauch zu decken, entwickelten die Ingenieure den TEG basierend auf einer Technologie, die bereits seit den 1960er Jahren zur Stromerzeugung in Raumsonden eingesetzt wird. Diese Technologie macht sich den Effekt zu Nutze, dass in thermoelektrischen Halbleiterelementen durch ein Temperaturgefälle eine elektrische Spannung entsteht (Seebeck-Effekt). Je größer die Temperaturdifferenz ist, desto höher ist die erzeugte Spannung. Da abhängig vom Lastzustand an der heißen Seite des Generators die Abgastemperatur zwischen 300 und 900 Grad liegt, werden im TEG Hoch- und Niedertemperatur-Module gekoppelt, um die Stromerzeugung über einen möglichst breit gefächerten Bereich zu ermöglichen. Für die kalte Seite des thermoelektrischen Generators wird wie bisher das Kühlmittel des Motors verwendet.

Einfach clever – der integrative Ansatz.

Das Besondere an der neuen Entwicklungsstufe ist die elegante Integration des TEG in die bereits bestehende Struktur des Kühlers der Abgasrückführung. Mit geringem Zusatzaufwand konnte hier die Funktionalität des TEG integriert werden, ohne die Abgasrückführung zu beeinträchtigen.

Die Abgasrückführung (AGR) dient in erster Linie dazu, die Temperatur während der Verbrennung im Motor niedrig zu halten und dadurch die Entstehung von Stickoxiden zu minimieren. Dafür wird ein Teil bereits verbrannten Abgases zurück geleitet und der „frischen“ Ansaugluft beigemischt. So verbrennen in der Brennkammer nicht mehr nur Frischluft und Kraftstoff sondern Frischluft, Restgas und Kraftstoff. Das Restgas schluckt Verbrennungswärme und senkt somit die Spitzentemperatur bei der Verbrennung und die Stickoxidentstehung.

Um das Restgas zu kühlen und bei Bedarf rückführen zu können, verfügt die AGR über eine Wasserkühlung (durch das Motorkühlmittel) und eine Regelklappe. Damit bietet der AGR Kühler beste Voraussetzungen, denn neben einer Wasserkühlung für die Kaltseite und einer Klappe zur Regelung des Abgasstroms benötigt der „AGR-TEG“ lediglich zusätzlich das thermoelektrische Material. Dieser greift das heiße Abgas direkt nach dem Abgaskrümmer ab – also noch vor der Turbine des Abgasturboladers –, wo deutlich höhere Temperaturen zur Verfügung stehen und der Strom im TEG effizienter erzeugt werden kann.

Eine Herausforderung bei der integrierten Lösung des TEG liegt in der isolierenden Eigenschaft der thermoelektrischen Materialien. Deshalb wird der Bauraum der AGR größer, jedoch kühlt sie das Restgas weiterhin nahezu ohne Druckverlust und erzeugt darüber hinaus nun auch Strom. Für die Serie ist eine Leistung von 250 W angestrebt, was ungefähr der Hälfte des Bordverbrauchs eines BMW 5ers entspricht. Damit sind bis zu zwei Prozent Kraftstoffersparnis im Kundenbetrieb möglich.

„Durch den geringen Bauteileaufwand entsteht im Kühler der Abgasrückführung eine sehr elegante Lösung, die schnell serienreif werden kann.“

(Dr. Andreas Eder, leitet die Vorentwicklungsprojekte Wärmemanagement)

Der Weg zur Serienreife.

Die Ingenieure der BMW Group sind weiterhin bestrebt, den TEG zu verbessern. So sucht man momentan noch nach der besten Verbindungstechnik, um das thermoelektrische Material stoffschlüssig in den AGR Kühler zu integrieren und mit dem Stahlgehäuse des Wärmetauschers zu verbinden, damit die integrierte TEG Lösung möglichst leicht wird. Weiteres Potential liegt zudem in einer verbesserten Hitzeverteilung über das thermoelektrische Material. Hier gilt es, eine intelligente Struktur zu entwickeln, die möglichst viel Wärme bereitstellt, ohne gleichzeitig zu viel Druck innerhalb der Abgasrückführung zu verlieren. Daher prüfen die Entwicklungsingenieure momentan mit verschiedenen Modellvarianten, welche Lösung die höchste Temperatur auf der Oberfläche der thermoelektrischen Materialien bei einem noch akzeptablen Druckverlust im AGR ermöglicht.

Weiteres Potential für die Zukunft.

Da in der Abgasrückführung nur ein Teil des Abgases zur Verfügung steht, nutzt die dort integrierte Lösung des TEG noch nicht das gesamte Potential der Energiegewinnung durch Wärme. Jedoch stellt sie ein wichtiges Projekt auf dem Weg zur Realisierung zukünftiger TEG Konzepte dar. Durch die ständige Forschungs- und Entwicklungsarbeit erhalten die Ingenieure wertvolle Kenntnisse und Erfahrungswerte, die direkt in die Weiterentwicklung des TEG einfließen.

Ähnlich wie in dem gezeigten Prototyp, soll zukünftig ein größerer TEG im Abgasstrang realisiert werden – als Unterbodenlösung oder direkt integriert in den Katalysator. Diese Lösung ist jedoch bedeutend aufwändiger und mit deutlich mehr Konstruktionsaufwand verbunden, als die in die Abgasrückführung integrierte Lösung des TEG. Für die Zukunft ist die Integration in den Hauptabgasstrang jedoch attraktiv, da hier aufgrund der höheren Massenströme nicht nur deutlich mehr Strom erzeugt werden könnte. Kehrt man nämlich den Energiegewinnungsprozess um, sprich leitet Strom aus einer Batterie in die Halbleiter (Peltier-Effekt), könnte das Stromaggregat auch als Katalysatorheizung dienen, um die Rohemissionen beim Kaltstart zu verringern. Sobald das Abgas heiß genug ist und der Katalysator seine Betriebstemperatur erreicht hat, wird der Prozess umgekehrt, um wieder Strom zu erzeugen. Insgesamt liegt hier ein Potential zur Verbrauchssenkung von bis zu fünf Prozent im Kundenbetrieb.

Auch in der Öffentlichkeit findet die thermoelektrische Stromgewinnung immer mehr Beachtung. Der TEG wurde im September 2008 mit dem ÖkoGlobe für besonders umweltverträgliche Innovationen ausgezeichnet. Der Preis wurde von der DEVK, dem Automobil-Club Verkehr und dem Center Automotive Research, Fachhochschule Gelsenkirchen verliehen.

Die ideale Kombination:

Wärmemanagement und BMW EfficientDynamics.

Während einige Maßnahmen von BMW Efficient Dynamics, wie die Bremsenergie rückgewinnung oder die Auto-Start-Stop-Funktion, für Verbrauchsvorteile beim Bremsen oder während längerer Standphasen sorgen, ist durch intelligentes Wärmemanagement eine Verbrauchssenkung nun auch während der Fahrt möglich. So hat in Zukunft bereits vor Fahrtbeginn die Isolierung des Motorraums die Temperatur des Antriebsstrangs größtenteils aufrecht erhalten, so dass die Kaltstartphase deutlich kürzer ausfällt. Der Abgaswärmetauscher trägt durch die Erwärmung des Getriebeöls zusätzlich zur Reibungsminimierung und damit zu weniger Kraftstoffverbrauch bei. Ein TEG stellt die vom Bordnetz benötigte elektrische Energie zur Verfügung und spielt seine Vorteile dann aus, wenn es am meisten Spaß macht – beim Fahren.

Je nach Kontext und Fahrprofil bietet das Wärmemanagement unterschiedliche Lösungsansätze. Sowohl auf Kurzstrecken wie auf Langstrecken sorgen unterschiedliche Maßnahmen für eine Verbrauchssenkung. So kommen die Isolierung des Motorraums, die Erwärmung des Getriebeöls durch einen Abgaswärmetauscher bei Ottomotoren oder die Heizfunktion des Abgaswärmetauschers bei Dieselmotoren vorwiegend bei Kurzstrecken zum Zug. Auf längeren Fahrten bringt der Thermoelektrische Generator seinen Beitrag. Synergieeffekte nutzend, wird Wärmemanagement auch in Zukunft bedeutend zur CO₂-Reduzierung beitragen.