

Das Energie- und umwelttechnische Versuchszentrum der BMW Group. Inhaltsverzeichnis.

1.	Das neue Energie- und umwelttechnische Versuchszentrum. Steckbrief.	2
2.	Einzigartige Prüfstandslandschaft im Dienste von Efficient Dynamics.	5
3.	Was passiert im EVZ? Oder: Die Wettermacher.	16
4.	Die Straße ins Labor.	33
5.	Nachhaltigkeit bei der BMW Group – Efficient Dynamics = Efficient Testing.	44
6.	Daten und Fakten: das neue Energie- und umwelttechnische Versuchszentrum der BMW Group.	49



1. Das neue Energie- und umwelttechnische Versuchszentrum. Steckbrief.

Ein Auto muss in seinem Fahrzeugleben allen Klimabedingungen standhalten. Auch bei Regen, Schnee, Hitze, Kälte und Luftdruckunterschieden müssen alle Fahrzeugsysteme optimal arbeiten. Bei Regen muss die volle Bremswirkung zum Tragen kommen, Schneestaub von vorausfahrenden Lastkraftwagen darf den Motor nicht beeinflussen, Hitze nicht die Kühlung überfordern. Um die Fahrzeuge entsprechend auszulegen und anschließend zu testen, waren bisher aufwendige Heiß- und Kaltlanderprobungen notwendig. Nun holt die BMW Group die Welt ins Labor. Alle relevanten Umweltparameter wie Hitze, Kälte, Luftfeuchtigkeit und Luftdruck, Niederschlag und Wind können in der in dieser Zusammenstellung einmaligen Prüflandschaft des neuen Energie- und umwelttechnischen Versuchszentrums simuliert werden.

- Fünf Prüfstände bilden eine einzigartige Prüflandschaft: Das neue Energie- und umwelttechnische Versuchszentrum (EVZ) setzt sich aus drei thermischen Windkanälen – „Klimawindkanal“, „Thermowindkanal“ und „Umweltwindkanal“ – und zwei Kammerprüfständen – „Höhenkammer“ und „Kältekammer“ – zusammen.
- Alle Straßen und Klimazonen unter einem Dach: Im EVZ können praktisch alle Prüfumfänge abgebildet werden, die mit Kälte, Hitze, Sonne, Regen, Schnee, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit und Wind bisher auf den Straßen dieser Welt stattfanden. Ausnahme sind diejenigen fahrdynamischen Umfänge, bei denen Vertikalkräfte, Querdynamik, Lenkbewegungen und Seitenwind im Spiel sind.
- Mit dieser einzigartigen Prüflandschaft gewinnt der Entwicklungsprozess an Effizienz. Transportwege und -zeiten können eingespart werden, weniger Prototypen können für mehr Versuche genutzt werden. Die Jahreszeitenunabhängigkeit der Erprobungen und die Konzentration der Tests unter einem Dach tragen dazu bei, dass die Ergebnisse schneller allen zur Verfügung stehen. Außerdem sind die Parameter im Prüfstand exakt einstellbar und beliebig oft reproduzierbar.
- Die Frage „Prüfstand oder Testfahrt“ gehört mit den neuen Möglichkeiten im EVZ der Vergangenheit an. War bisher die



Entscheidung zwischen Realitätsnähe auf der Straße und Reproduzierbarkeit im Prüfstand notwendig, vereint das EVZ das Beste aus beiden Welten. In acht Stunden kann ein Fahrzeug hier alle Klimazonen der Welt befahren.

- Die drei thermischen Windkanäle sind identisch konzeptioniert, erfüllen aber unterschiedliche Anforderungen, was maximale Flexibilität im Prüfablauf ermöglicht. Alle haben eine vertikale oder „stehende“ Luftführung; das Gebläse sitzt dabei ca. 15 Meter über der Messstrecke – dem Plenum.
- Der Temperaturbereich des Klimawindkanals reicht von minus 10°C bis plus 45°C. Ein Solarium simuliert die Sonneneinstrahlung. Hier werden Versuche zur thermischen Betriebssicherheit, zur Kühlleistung und Klimatisierung sowie zur Bremsenkühlung durchgeführt. Die besonders leichten und steifen Rotorblätter des Gebläses ermöglichen außerdem hochdynamische Testfahrten bis zu einer Spitzengeschwindigkeit von 250 km/h.
- Der Thermowindkanal dient ebenfalls zur Absicherung der thermischen Betriebssicherheit, vorwiegend werden aber Tests zur Kühlleistung und Durchströmung durchgeführt. Deshalb beschränkt sich der Temperaturbereich auf die Plusgrade (20 bis 45°C). Die Höchstgeschwindigkeit liegt in diesem Prüfstand bei 280 km/h.
- Der Umweltwindkanal deckt die größte Bandbreite an Umweltbedingungen ab. Hier sind Temperaturen von minus 20°C bis plus 55°C möglich. Ein Solarium kann zusätzlich Sonneneinstrahlung simulieren. Auch Regensimulation und Schneebewurf gehören zum Testspektrum. Ein Motorradlaufband ermöglicht erstmals auch Zweiradtests in einem Umweltprüfstand.
- In der Kältekammer werden Kaltstarts getestet. Außerdem wird sie zur Entwicklung von optimalen Heiz- und Klimasystemen genutzt, deshalb finden auch Versuche zur Entfrostonung und Beschlagsfreihaltung statt.
- Im Höhenprüfstand wurde auf kleinstem Raum ein vollwertiger Klimawindkanal realisiert, der zusätzlich den Faktor Luftdruck simulieren kann. Der Simulationsbereich reicht von unterhalb des Meeresspiegels, wie beispielsweise im Death Valley, bis 4200 Meter über Normalnull. Dies ist besonders für Versuche zur Abgasemissionierung und Leistungsabstimmung relevant.



- Eine intelligente Infrastruktur mit kurzen Wegen trägt zur Effizienz der Prüfstandslandschaft bei. Fahrzeuge werden im EVZ nicht mehr im Windkanal auf Temperatur gebracht, sondern bereits vorab in sogenannten „Soakrooms“ konditioniert. Das optimiert die Prüfstandsbelegung und reduziert den Energieverbrauch, da die Soakrooms kleiner sind und effizienter kühlen können.
- In der Planung des EVZ wurde besonderes Augenmerk auf einen ökologisch nachhaltigen Betrieb gelegt. Die intelligente Konzeption des Kühlsystems, gute Isolation und Bremsenergierückgewinnung in den Rollenprüfständen und im Gebläse sind nur einige der umgesetzten Maßnahmen.



2. Einzigartige Prüfstandslandschaft im Dienste von Efficient Dynamics.

Bereits seit Ende der 1990er Jahre bestimmt die Strategie Efficient Dynamics die langfristige Ausrichtung der Entwicklungsarbeit der BMW Group. Das Ziel: der nachhaltige Umgang mit Ressourcen durch die Minimierung von Verbrauch und CO₂-Emissionen der Fahrzeuge – ohne Einbußen an Fahrdynamik, Leistung, Sicherheit oder Komfort, aber auch die Optimierung des Entwicklungsprozesses nach den Leitlinien der Nachhaltigkeit und Effizienz. Um produktseitig sämtliche Einsparpotenziale zu erschließen und den Verbrauch weiter zu reduzieren, setzt die BMW Group in der Fahrzeugentwicklung und -absicherung auf modernste Arbeitsmittel und Prüfeinrichtungen. Denn nur eine umfassende und zukunftssichere Prüflandschaft stellt sicher, dass nachhaltige Lösungen für die Fragestellungen der Mobilität von morgen gefunden und bis zur Serienreife entwickelt werden können. So entschied sich die BMW Group 2005 gegen eine umfassende Modernisierung der bisherigen Prüfstände für Umweltsimulation und für den Bau einer neuen und integrierten Prüflandschaft. Die neu entstandenen Klimawindkanäle und -kammern decken den kompletten aktuellen Bedarf aus den entwickelnden Fachabteilungen ab und adressieren darüber hinaus auch bereits die Entwicklungsthemen der Zukunft. So entstand eine in dieser Zusammenstellung einzigartige Prüflandschaft: das neue Energie- und umwelttechnische Versuchszentrum der BMW Group (EVZ).

„Das EVZ hebt die Absicherungsmethodik der Fahrzeugeigenschaften im Produktentstehungsprozess auf eine ganz neue Ebene.“

(Dr. Johannes Liebl, Leiter Effiziente Dynamik)

Die neue, autarke Prüflandschaft des EVZ verfügt daher über wichtige Voraussetzungen, um neben den gängigen Prüfumfängen der Auslegung und Absicherung vor allem auch wichtige Entwicklungsarbeit zu den Themen Efficient Dynamics, intelligentes Energiemanagement, Hybridantriebe und emissionsfreie Mobilität zu leisten und voranzutreiben. So erlaubt das EVZ durch sensible und hoch präzise Prüfstandstechnik eine Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Testergebnisse, die so auf der Straße und dem



Messgelände kaum erreichbar sind. Diese Ergebnisse tragen dazu bei, Fahrzeuge energiesparender auszulegen und im Detail an Energiemanagementthemen zu „feilen“. Die umfangreiche zukunftsorientierte Ausstattung des EVZ unterstützt dabei auch und gerade die Erforschung alternativer Antriebskonzepte. Auf Hybridisierung der Fahrzeuge speziell ausgerichtete Prüfzyklen wie Ladestrategien oder Strombilanzierungen sind bereits ins EVZ integriert und können schon heute getestet werden. Die technischen Voraussetzungen für die Erreichung langfristiger Unternehmensziele, wie beispielsweise einer komplett emissionsfreien Mobilität mittels Elektrizität oder Wasserstoff, können ebenfalls untersucht werden – die Prüfstände sind baulich und konzeptionell dafür gestaltet.

Die Aufgabenliste dieser neuen Prüfstandslandschaft ist lang. Hier können praktisch alle Prüfumfänge abgebildet werden, die mit Kälte, Hitze, Sonne, Regen, Schnee, Luftdruck und Wind bisher auf den Straßen dieser Welt durchgeführt werden, mit der Ausnahme derjenigen fahrdynamischen Umfänge, bei denen Vertikalkräfte, Querdynamik, Lenkbewegungen und Seitenwind im Spiel sind. Die Umfänge, die im EVZ getestet werden, sollen dabei die Versuchsfahrten auf der Straße und im Gelände nicht komplett ersetzen, sondern gezielt ergänzen.

In den Windkanälen finden beispielsweise Tests zur thermischen Betriebssicherheit sowohl bei Hitze als auch bei Kälte bis in den hochdynamischen Bereich statt. Dabei gilt das Augenmerk unter anderem der Kühlleistung, der Durchströmung des Fahrzeugs, der Bremsenkühlung und der Heiz-Klimaleistung. Auch Tests mit Regen- und Schneebewurf gehören zum Spektrum. In einem der beiden klimatisierten Kammerprüfstände werden darüber hinaus Abgasanalysen und Höhenfahrzyklen abgeprüft, im anderen spielen die Themen Kaltstart und Entfrostsung eine wichtige Rolle. Die präzisen und reproduzierbaren Tests ermöglichen dabei die Ableitung wichtiger Entwicklungen für die Produkte – neben der Konzeption eines optimalen Energiemanagements im Gesamtfahrzeug, wird beispielsweise auch die thermische wie funktionale Komponentenauslegung und deren Absicherung unter laborähnlichen Bedingungen exakter. Über allen Untersuchungen steht der Anspruch, die Produkte und die Produktentwicklung der BMW Group noch effizienter und dynamischer zu machen.



Intelligentes Energiemanagement birgt weiterhin großes Einsparpotenzial.

Eine beispielhafte Vorgehensweise im Rahmen der Effizienzsteigerung von Efficient Dynamics ist, die einzelnen Komponenten des Fahrzeugs exakt auf Anforderungen im späteren Kundenbetrieb auszulegen.

„Unser Anspruch an das EVZ ist, dass es uns so exakte und reproduzierbare Ergebnisse liefert, wie wir sie unter den Bedingungen auf der Straße nie erreichen können. Dann beginnt die Arbeit der Entwickler, die die Bauteile und Komponenten genauso exakt auslegen und dimensionieren, wie sie in der Realität benötigt werden.“

(Jürgen Engelmann, Leiter Betrieb EVZ)

Der so erreichte gezielte Materialeinsatz vermeidet zukünftig Gewicht und damit Mehrkosten in der Produktion ebenso wie unnötigen Mehrverbrauch und entsprechende CO₂-Emissionen während der Fahrt.

Neben der exakten Bauteilauslegung birgt ein Fahrzeug noch weitere, bisher kaum genutzte Möglichkeiten zur Einsparung von Kraftstoff und CO₂-Emissionen: erschließbar durch energietechnische Optimierung. Energiemanagement untersucht im Allgemeinen Möglichkeiten, Energie effizient, sicher und umweltschonend zu gewinnen, umzuwandeln, zu transportieren, zu speichern und zu nutzen. Energie kann dabei unterschiedliche Formen haben, wie beispielsweise Wärme, Strom oder Vortrieb. Im Mittelpunkt der Forschung steht dabei das Bestreben, eine hohe Ausbeute an Nutzenergie zu erreichen, d.h. den Wirkungsgrad zu maximieren und gleichzeitig negative Begleiterscheinungen auf die Umwelt zu minimieren.

Bereits 2003 erkannte die BMW Group die Dringlichkeit, sich noch intensiver mit dem Thema Energietechnik im Fahrzeug auseinandersetzen zu müssen. Denn hier liegt weiterhin großes Einsparpotenzial. Selbst in einem sehr effizient arbeitenden Verbrennungsmotor wird nur rund ein Drittel der Energie, die im Kraftstoff steckt, in mechanische Arbeit zur Fortbewegung umgesetzt. Die restlichen zwei Drittel gehen in Form von Wärme verloren, die über Abgas und Kühlsystem an die Umgebung abgegeben wird. Macht man diese Energie für das Fahrzeug nutzbar, lassen sich Verbrauch und CO₂-Emissionen weiter senken. Deshalb forschen die Entwickler der BMW Group seit längerem daran, die dort verborgenen Möglichkeiten zur



Verbrauchsminimierung zu erschließen. Entsprechende Beispiele sind die Nutzung der Abwärme von Motor und Abgasstrang für die Gewinnung von Strom während der Fahrt durch den thermoelektrischen Generator (TEG) oder die Konditionierung von Fahrzeugfunktionen auf ein möglichst effizientes Fahren hin („intelligentes Energiemanagement im Fahrzeug“).

Von Aschheim nach München: Enge Integration für einen verbesserten Prozess.

Energetechnische Versuche werden schon seit längerer Zeit durchgeführt. Neben den Tests auf der Straße und dem Messgelände, besitzt die BMW Group bereits seit über 30 Jahren auch Prüfstände für diese Umfänge. Diese Anlagen in Aschheim (einem Vorort von München) wurden in den letzten Jahrzehnten mehrfach auf die jeweils aktuellen und kommenden Anforderungen hin modernisiert, erreichten aber in den letzten Jahren eindeutig ihre Grenzen. Gerade den fahrdynamischen Anforderungen konnten die bestehenden Anlagen nicht mehr gerecht werden.

2005 entschloss man sich deshalb bei der BMW Group gegen eine weitere Modernisierung von Aschheim und für ein neues Prüfzentrum direkt im Verbund des Forschungs- und Innovationszentrums der BMW Group (FIZ) in München. Die Anlagen in Aschheim werden nach einer kurzen Übergangsphase komplett durch den Prüfverbund im EVZ ersetzt und viele zusätzliche Testumfänge können hier von der Straße ins Labor geholt werden. Denn mit der Inbetriebnahme des EVZ gehen zahlreiche Vorteile einher, die den Prüfprozess besonders auf lange Sicht schneller, kostengünstiger und umweltschonender machen.

Die Straßen der Welt ins Labor geholt – viele Vorteile für einen effizienten Entwicklungsprozess.

Größtes Novum des EVZ in Bezug auf die bisherigen Prüfstände der BMW Group ist die große Realitätsnähe der dort durchführbaren Untersuchungen. Im EVZ ist es erstmals möglich, innerhalb eines Prüfstands dynamische Versuchsfahrten unter Umwelteinflüssen abzubilden. Damit verbindet das EVZ die Realität einer Fahrt auf der Straße inklusive Umströmung, Temperatur, Niederschlag, Sonneneinstrahlung, Luftfeuchte und sogar Höhe mit den charakteristischen Eigenschaften eines Prüfstands: konstante und reproduzierbare Testbedingungen – Grundvoraussetzung für eine optimale Vergleichbarkeit der Messergebnisse. Erstmals können



Umwelteinflüsse im Prüfstand nahezu perfekt simuliert und damit viel genauer abgeprüft werden, als das bisher der Fall war. Abgesehen von Vertikalkräften, Querdynamik, Lenkbewegungen und Seitenwind sind sämtliche Einflüsse auf das Fahrzeug während der Fahrt darstellbar. Damit ist die BMW Group führend in Bezug auf realistische Umweltsimulation im Prüfstand.

„Mit dem EVZ holen wir die Straße ins Labor.“

(Jürgen Engelmann)

Mit dieser Verlagerung von Testfahrten in den Prüfstand geht eine Vielzahl von Vorteilen für den gesamten Entwicklungsprozess einher. Kurze Wege, interdisziplinäre Zusammenarbeit, gute Arbeitsbedingungen, Genauigkeit und Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Jahreszeiten und Reduzierung der Prototypenzahl sind nur einige davon.

Unabhängig von den Jahreszeiten: Hochsommer im Winter.

Durch die äußerst realitätsnahe Umweltsimulation ist es im EVZ erstmals möglich, den Einfluss sämtlicher Umweltbedingungen auf das Fahrzeug und seine Komponenten jahreszeitenunabhängig zu untersuchen. Bisher waren die Prüfaufwände unregelmäßig über das Jahr verteilt. Typischerweise fanden die meisten Testfahrten von November bis Februar und zwischen Juni und Juli statt, da zu diesen Zeiten in verschiedenen Teilen der Erde optimale „Extrembedingungen“ herrschen. In Südfrankreich, Südafrika, Skandinavien oder Alaska wurde unter großer Hitze oder Kälte überprüft, ob beispielsweise das Motormanagement korrekt arbeitet oder von zu hohen oder zu niedrigen Temperaturen beeinträchtigt wird. Aufgrund der großen Abhängigkeit von äußeren Bedingungen können die Versuche meist nur innerhalb eines kleinen Zeitfensters stattfinden, und es ist nicht immer sicher, ob optimale Prüfbedingungen herrschen.

Die Durchführung von weltweiten Versuchsfahrten bedeutet einen hohen Planungs- und großen Logistikaufwand. Neben Prototypen gehen auch Versorgungs- und Werkstattfahrzeuge mit auf die Reise, sowie ein komplettes Team aus Ingenieuren, Mechanikern und weiteren Spezialisten. Dies alles bedeutet Kosten, aufwendige Logistik und nicht zuletzt durch die Ferntransporte verursachtes CO₂.



„Wenn wir wollen, haben wir im EVZ auch im Winter Hochsommer – und im Hochsommer Schnee.“

(Jürgen Engelmann)

Im EVZ sind Klimazonen und -bedingungen quasi „auf Knopfdruck“ verfügbar. Damit ist die Abhängigkeit von Jahreszeiten, Erprobungsstandorten und Klimabedingungen für viele Prüfumfänge Vergangenheit. Versuche können zum für den Entwicklungsprozess optimalen Zeitpunkt und unter exakt definierten Bedingungen durchgeführt werden. Und das praktisch im Haus, nämlich inmitten des Forschungs- und Innovationszentrums in München. Dadurch kann bei bestimmten Versuchen auch die Prototypentarnung reduziert werden oder entfallen, was nicht nur kostenseitige Vorteile hat, sondern auch genauere Messergebnisse bei hohem Informationsschutz bedeutet.

„Standortvorteil FIZ“ – geballte Kompetenz an einem Ort.

Mit dem EVZ verfügt die BMW Group über ein sehr variables, breitbandig einsetzbares Prüffeld direkt im Herzen des Forschungs- und Entwicklungsnetzwerks der BMW Group. Damit bündelt die BMW Group ihr Absicherungswissen an einem Ort. Falls nötig sind alle beteiligten Entwickler sofort zur Stelle und können den Untersuchungsverlauf „live“ mitverfolgen. Aufwendige Anreisen und Transfers entfallen. Die Nähe zum Prüffeld erlaubt aber auch, dass die Entwicklungsingenieure für andere Tätigkeiten zur Verfügung stehen. Betreuen sie mehrere Projekte, können sie parallel zum Versuch im EVZ trotzdem ihrem Tagesgeschäft nachkommen, an Besprechungen teilnehmen oder am nahe gelegenen Arbeitsplatz weiter arbeiten.

Besonders von Vorteil ist die räumliche Nähe auch bei notwendigen Veränderungen oder Reparaturen an den Versuchsträgern. Gerade in frühen Entwicklungsstufen sind die ersten Prototypen technisch noch laufend weiterzuentwickeln, was im Ausland bei einer Erprobungsfahrt in extremem Gelände immer wieder zu Problemen führt. Im EVZ ist es dann sehr einfach, das Fahrzeug aus dem Prüfablauf herauszunehmen und in den Werkstätten vor Ort zu reparieren oder umzurüsten. Die nötigen Ressourcen liegen direkt um das EVZ herum; die Werkstätten selbst sind sogar ins Prüfzentrum integriert.



Vernetzung von Kompetenzen – synergetisches Miteinander der Disziplinen.

Durch die Bündelung der Prüfkompetenz an einem Ort können auch neue Entwicklungsfelder entstehen. Bisher fuhren Versuchsingenieure mehrere Tage bis Wochen mit dem Versuchsträger auf Erprobung – ein spontanes „bei einem Versuch Vorbeischauen“ war nicht möglich. Der Prüfstand dagegen stärkt die Vernetzung von Kompetenzen und damit ein mehrdimensionales Analysieren der Ergebnisse.

„In der klassischen Ingenieursarbeit erhält man durch die Messungen Antworten auf Fragen, die man gar nicht gestellt hat. Dementsprechend schwer fällt manchmal die Interpretation der Ergebnisse. Durch die Vernetzung am Prüfstand dagegen werden diese Antworten aber sofort als solche erkannt und direkt den jeweiligen Fragestellungen zugeordnet.“

(Jürgen Engelmann)

In diesem Miteinander von Auslegung und Absicherung einerseits sowie der Technologieentwicklung andererseits liegt ein weiterer Reiz dieser neuen Prüflandschaft. Dadurch, dass verschiedene Interessen unter einem Dach vereint werden, erhalten die Ingenieure gegenseitig Einblick in die Arbeit der Kollegen. So findet nahezu von selbst eine wertvolle Wissensvernetzung statt, von der alle Entwicklungsdisziplinen profitieren. Die exakt reproduzierbaren Prüfzyklen beispielsweise machen schnell aussagekräftige Messergebnisse verfügbar, die sofort weiter verwertet und in den Entwicklungsprozess eingesteuert werden können. So beschleunigt sich der Absicherungsprozess deutlich.

Werden mehrere Prüfinteressen gleichzeitig bedient, ermöglicht die Verbindung zwischen dem Prüfstandsleitsystem und der zentralen Steuerelektronik des Fahrzeugs den Ingenieuren, in Echtzeit zu verfolgen, wie sich verschiedene Prüfparameter verhalten. Und da viele Interessengruppen gleichzeitig die Steuerelektronik einsehen können, erreicht man eine ganz andere Tiefe und Breite an verwertbaren Ergebnissen, die sich gegenseitig wieder befruchten. Durch die differenziertere Sichtweise auf die Ergebnisse können die Prüfparteien neue Ableitungen treffen. Außerdem ist nicht mehr



nur der Entwicklungsingenieur sondern auch der Operator vor Ort, der zusätzlich das Wissen über das Verhalten des Prüfstands und die Erfahrungen aus ähnlichen Versuchen mit einbringen kann.

Höhere Verfügbarkeit und bessere Auslastung von Prototypen.

Mit der Unabhängigkeit von äußeren Bedingungen wie Jahreszeiten, Niederschlag etc. entzerrt sich der Prüfkalender deutlich. Ein großer Vorteil davon ist, dass für die gleiche Anzahl an Untersuchungen nicht mehr so viele Prototypen nötig sind, da die Versuche nun nicht mehr gleichzeitig stattfinden müssen. Mit einem Prototypen kann nun deutlich mehr getestet werden, die Versuchsanzahl pro Prototyp steigt. Zudem können verschiedene Fachabteilungen innerhalb eines gemeinsamen Versuchsträgers unterschiedliche Prüfinteressen verfolgen. So lassen sich innerhalb eines Prüfablaufs mehrere Komponenten gleichzeitig testen. Schon bei der Planung des EVZ wurden diese Synergieeffekte berücksichtigt und direkt in der Ausstattung der einzelnen Prüfstände umgesetzt. Prüfabläufe werden nicht mehr fahrzeugspezifisch, sondern versuchsspezifisch betrachtet. Die Entwicklungsingenieure orientieren sich nicht mehr daran, wann der Prototyp verfügbar ist, sondern wann welcher Versuch gefahren wird und ob man das eigene Prüfinteresse an den Prototypen mit abprüfen kann.

Gerade in der frühen Entwicklungsphase ist eine hohe Auslastung möglichst weniger Prototypen sehr lohnenswert, da die ersten Versuchsträger aufwendig von Hand aufgebaut werden und entsprechend kostenintensiv sind. Die im EVZ getesteten Prototypen können in einer frühen Projektentwicklungsphase auch schon getestet werden, wenn noch keine Straßentauglichkeit gegeben ist, beispielsweise kann die Motorkühlung schon getestet werden, selbst wenn bestimmte Fahrwerksregelsysteme noch nicht voll funktionsfähig sind.

„Im EVZ werden schon in einer sehr frühen Phase mit Prototypen einzelne Eigenschaften des späteren Fahrzeugs erlebbar und testbar. Unser Ziel ist es, Eigenschaften so früh wie möglich kundenwert abzusichern.“

(Dr. Johannes Liebl, Leiter Effiziente Dynamik)

Testen ganz nah an der Kundenrealität.

Ein weiterer wichtiger Aspekt, den das EVZ adressiert, ist die Verkleinerung der Unterschiede zwischen der Test- und der realen Kundenbeanspruchung der Fahrzeuge. Mit dem neuen Prüfzentrum EVZ



will die BMW Group auch deutlich kundennähere Verbrauchszyklen testen, die das tatsächliche Fahrverhalten widerspiegeln. Beim Kraftstoffverbrauch beispielsweise misst man auf europäischer und weltweiter Ebene mit Hilfe genormter Kraftstoffverbrauchszyklen (z.B. KV01), die nicht unbedingt dem Kundengebrauch auf der Straße entsprechen. Das liegt vor allem daran, dass die Norm einen sehr vereinfachten Fahrzyklus abbildet, der im Detail nicht das Fahrverhalten der europäischen Kunden widerspiegelt. Der Normzyklus beinhaltet im Gegensatz zur Kundenbeanspruchung beispielsweise deutlich weniger verbrauchsintensive Fahranteile wie Stop-&-Go in der Stadt oder Kaltstarts. Außerdem sind elektrische Verbraucher wie Licht, Radio, Klimatisierung weitestgehend deaktiviert.

Während der kundennahen Tests auf dem Prüfstand lässt sich im EVZ der Kraftstoffverbrauch „online“ messen. Im Gegensatz zu Versuchsfahrten auf der Straße, sind die Versuchingenieure während des gesamten Zyklus über die Messgeräte im Bilde, wie viel das Fahrzeug momentan verbraucht, und können so „mitvollziehen“, welche Lastbereiche verbrauchsintensiver sind als andere. Auch bisher nicht durchführbare Untersuchungen werden im EVZ möglich. So kann auch in besonders lastintensiven Zyklen wie Hochgeschwindigkeitsfahrten erstmals der Verbrauch in Echtzeit gemessen werden – und das unter realen Umweltbedingungen wie Anströmung, Temperatur oder Höhe.

Moderne Prüfumgebung senkt die Kosten und den Verbrauch – Bauteilauslegung auf den Punkt.

Gerade im Hinblick auf die Erweiterung von Efficient Dynamics birgt das EVZ große Potenziale. Denn den Erfolg dieser Strategie macht vor allem die Summe vieler kleiner Einzelmaßnahmen über die gesamte Fahrzeugflotte aus. Selbst Maßnahmen, die zu einer Einsparung von einem Zehntelogramm CO₂ führen, machen einen wichtigen Unterschied. Diese Einsparungen lassen sich nirgendwo besser „erfahren“, abprüfen und nachverfolgen, als in einem hoch sensiblen und präzisen Prüffeld, das technisch auf dem neuesten Stand ist – wie das EVZ.

Die Prüfumgebung „Straße“ ist nur bedingt präzise und liefert nicht immer reproduzierbare Ergebnisse. Deshalb wurden bislang in der Bauteilauslegung gewisse Überdimensionierungen einkalkuliert. Im EVZ lassen sich sämtliche Komponenten genau auf den Punkt ihrer höchsten



Beanspruchung auslegen und absichern. Anhand der präzisen Messtechnik ermitteln die Entwicklungsingenieure exakt, welche Last unter einer bestimmten Beanspruchung an welchem Bauteil vorliegt. Entsprechend können sie daraus ableiten, wie das Bauteil beschaffen sein muss, um die gewünschten Anforderungen zu erfüllen. Der positive Effekt zeigt sich an mehreren Stellen: Jedes Bauteil, jedes Gramm Material, das eingespart werden kann, spart Kosten und CO₂ – sowohl in der Produktion als auch während der Fahrt, da das Fahrzeug durch weniger Gewicht auch weniger verbraucht. Der Effekt der punktgenauen Entwicklung von Bauteilen steigt mit der Stückzahl zu entwickelnder Komponenten schnell auf ein Vielfaches. Und bei Bauteilen, die elektrisch versorgt werden, verändert sich mit einer anderen Dimensionierung auch der Energieverbrauch. Damit eröffnet das EVZ auch für den Auslegungs- und Absicherungsprozess in der Fahrzeugentwicklung neue Möglichkeiten und hilft gleichzeitig dabei, Kosten zu sparen.

Prozessvorteile sind Kundenvorteile.

Insgesamt kann die Verbindung von Dynamik, Komfort, Effizienz und Nachhaltigkeit mit dem EVZ noch besser verfolgt und umgesetzt werden. Damit profitiert vor allem der Kunde vom EVZ und dem optimierten Entwicklungsprozess. Effiziente Betriebsstrategien können hier entwickelt und getestet werden. Die hohe Ergebnisgüte der Untersuchungen im EVZ ermöglicht den Entwicklungsingenieuren der BMW Group wiederum, in gleicher Zeit mehr Erkenntnisse zu gewinnen, die direkt in die Fahrzeugentwicklung einfließen. Damit sind Fahrzeuge optimal ausgelegt und appliziert, verbrauchen weniger Kraftstoff und emittieren entsprechend weniger CO₂ – und das ohne Einbußen in Dynamik, Sicherheit und Komfort. Der Kunde erhält in kürzerer Zeit ein ausgereiftes Produkt.

Bereits heute werden im EVZ auch alternative Antriebstechnologien intensiv untersucht. Durch die umfassende Prüfumgebung wurden die besten Voraussetzungen geschaffen, um frühzeitig innovative Technologien serienreif zu entwickeln und nutzbar zu machen. Der Kunde genießt so auch in Zukunft den Innovationsvorteil der Fahrzeuge der BMW Group. Die Produkte können noch besser auf die Bedürfnisse der jeweiligen Märkte angepasst werden. Zudem erlaubt die schnellere Entwicklung eine größere Variantenvielfalt und damit eine größere Auswahl.



Insgesamt setzt die BMW Group mit dem EVZ ein klares Signal für das konsequente Vorantreiben der Forschungs- und Innovationsthemen in Bezug auf Prozesseffizienz, Nachhaltigkeit und den verantwortungsvollen Umgang mit Ressourcen. Damit ist das EVZ für die BMW Group eine wichtige Komponente, um ihre Innovationsführerschaft weiter zu behaupten und auch in Zukunft Vorreiter für nachhaltige und ressourcenschonende Mobilität zu sein.



3. Was passiert im EVZ? Oder: Die Wettermacher.

Die Aufgabe einer zukunftsfähigen Prüfstandslandschaft ist es, Instrumente und Methoden zur Verfügung zu stellen, um die Auslegung und Absicherung von Komponenten und deren Zusammenspiel effizient zu unterstützen. Die dabei durchgeführten Untersuchungen sollen nahezu sämtliche Beanspruchungen des Fahrzeuglebens realitätsnah abbilden und zudem möglichst viele der im Kundenbetrieb möglichen Fahrscenarien über die Erprobung im Prüfstand abdecken. Das neue Energie- und umwelttechnische Versuchszentrum der BMW Group (EVZ) leistet darüber hinaus noch einiges mehr: es ist eine „visionäre Prüflandschaft“, deren Ausstattung bereits heute alle zukünftigen Mobilitätskonzepte und deren Auslegungs- und Absicherungsbedarf abdeckt.

„Das neue Energie- und umwelttechnische Versuchszentrum ist das Schweizer Taschenmesser der BMW Group bei der Entwicklung von neuen Lösungen für eine nachhaltige Mobilität. Hier haben wir alles, was wir für die tägliche Absicherung brauchen und können gleichzeitig Themen vorantreiben, die in fünf oder zehn Jahren aktuell sind.“

(Peter Hoff, Projektplanung EVZ)

Durch die Möglichkeit, im EVZ Umwelteinflüsse äußerst realitätsnah zu simulieren, können Fahrten in großer Höhe, mit Regen, Sonne oder Schnee mit Autos und Motorrädern erstmals im Prüfstand stattfinden. Damit erreicht die Betriebs- und Funktionsabsicherung auf dem Prüfstand eine völlig neue Dimension. Die Systeme des Prüfstands simulieren über verschiedene Fahrprofile die Rahmenbedingungen beispielsweise einer Berg- oder Autobahnfahrt, um sparsame und effiziente Betriebsstrategien für die Fahrzeuge zu entwickeln. Besonders für Themen wie die Optimierung von Motor- und Getriebeapplikationen, aber auch im Hinblick auf die Hybridisierung der Fahrzeuge ist dies eine große Erleichterung, da nun in der präzise justierbaren Umgebung des Prüfstands Tests durchgeführt werden können, die bisher auf der Straße nicht so genau bzw. gar nicht gemessen werden konnten. Mit Abgas- und Verbrauchsmessungen bei



verschiedenen Fahrzyklen, sowie Messungen zum Verhalten der Motor-Getriebekombination bei plötzlichen Änderungen der Lastvorgaben, können neue Optimierungspotenziale identifiziert und im Hinblick auf Dynamik, Verbrauch und Abgaszusammensetzung umgesetzt werden.

Insgesamt werden im EVZ fünf übergreifende Entwicklungs- und Absicherungsthemen adressiert, die sich gegenseitig ergänzen. Diese sind Energie- und Wärmemanagement, thermische Betriebssicherheit, Tieftemperaturverhalten, Betriebs- und Funktionsabsicherung unter Umweltbedingungen sowie die Entwicklung und Funktionsabsicherung des Heiz-Klimasystems. Versuche und Untersuchungen, die einen längeren Prüfzeitraum vorsehen, wie Korrosion, Dauerfestigkeit, Dauerhaltbarkeits- oder Laufleistungsversuche werden im EVZ dagegen nicht durchgeführt.

Die Prüfstände des EVZ – alle Straßen dieser Welt unter einem Dach.

Das EVZ verfügt über insgesamt fünf Prüfstände, die jeweils wichtige Alleinstellungsmerkmale besitzen, teilweise aber auch über ähnliche und identische Funktionalitäten und Umfänge verfügen. Diese Redundanz ist bewusst gewählt, um eine gewisse Flexibilität in der Belegung der Prüfstände zu gewährleisten. Damit ist ein Prüfablauf nicht auf einen bestimmten Prüfstand festgelegt, sondern einige Tests können in mehreren Prüfständen durchgeführt werden.

„Nicht jeder Prüfstand muss alles können, sondern er muss jeweils das Richtige können. Im EVZ haben wir das durch die intelligente Ausstattungskombination der Kanäle realisiert und können nun praxisnah und praxisingerecht prüfen.“

(Peter Hoff)

Bei der Implementierung der Prüflandschaft des EVZ wurde einerseits darauf geachtet, eine maximale Überdeckung der Anforderungen darzustellen, um bestmöglich arbeiten zu können. Andererseits jedoch sollten gleichzeitig Kosten und Energie gespart werden. Im Vorfeld wurden alle Anforderungen der Fachabteilungen erhoben, um bestimmte Funktionen und Umfänge darstellen und abprüfen zu können. Anschließend wurden jedoch nicht einfach alle Wünsche erfüllt, sondern die Prüflandschaft wurde praxisingerecht auf die Anforderungen der Entwicklungsabteilungen aus dem Unternehmen zugeschnitten. So bietet nicht jeder Prüfstand jede Funktion, in der



Summe jedoch decken alle Prüfstände jegliche abbildenswerte Umweltsimulationsmöglichkeit ab.

Drei thermische Windkanäle und zwei klimatisierte Kammerprüfstände – fünf individuelle Prüfstände der Extraklasse.

Das EVZ besteht zum einen aus drei spezifisch ausgestatteten Windkanälen: „Thermowindkanal“, „Klimawindkanal“ und „Umweltwindkanal“. Diese drei Prüfstände dienen in erster Linie der Bauteil- und Systemabsicherung unter Extrembedingungen wie Hitze, Kälte, Regen und Schnee. Durch die identische Konzeption der drei Windkanäle in Größe und Geometrie wird sichergestellt, dass die Versuchingenieure aus den verschiedenen Entwicklungsabteilungen bei gleicher Strömungsqualität zwischen den Kanälen wechseln können, ohne dass sich dies auf die Messergebnisse niederschlägt. Für Standarduntersuchungen ist damit beste Vergleichbarkeit bei größtmöglicher Flexibilität gegeben.

Eine architektonische Besonderheit ist die vertikale Luftführung der Windkanäle. Die Luft wird dabei nach Verlassen der Messstrecke über dem Prüfstand zurückgeführt. In dieser Rückführung befindet sich das Gebläse ca. fünfzehn Meter über dem Plenum. Um eine möglichst realistische Umströmung des Gesamtfahrzeugs zu erreichen, wird die Luft beim Eintritt in die Messstrecke durch eine Düse mit 8,4 Quadratmetern geführt und das Plenum entsprechend großzügig dimensioniert. Diese vertikale, raumökonomische Anordnung ermöglicht außerdem eine prozessoptimale Anordnung der drei Prüfstände.

Neben den drei Windkanälen unterstützen die beiden Kammerprüfstände „Höhenprüfstand“ und „Kälteprüfstand“ beispielsweise die Auslegung und Absicherung der Heiz-Klimasysteme und ermöglichen Emissionsmessungen unter Höhe oder Kälte.

Jeder Prüfstand verfügt neben der Messstrecke über einen separaten Leitstand. Von hier aus wird der Prüfstand bedient und kontrolliert. Ein hochmodernes Prüfstandsleitsystem steuert alle Komponenten und überwacht Hunderte von Parametern. Es gibt differenzierte Rückmeldungen darüber, ob die Rollen sich bewegen, der Ventilator sich dreht, mit welcher Geschwindigkeit der Wind weht und ob die Kältemaschinen arbeiten. Ohne ein solches System ist die Bedienung eines derart komplexen



Prüfstands nicht möglich. Das Prüfstandsleitsystem ermöglicht es, hochdynamische Versuche mit wechselnden Umweltbedingungen detailliert und reproduzierbar abzufahren. Während der Fahrversuche überwacht der Prüfstandstechniker den Versuchsablauf in erster Linie am Computer – und hat damit hunderte von Messwerten im Blick und im Griff. So erkennt er sofort, falls etwas außerplanmäßig laufen sollte und kann entsprechend handeln. Intelligente Türverriegelungssysteme und die Videoüberwachung der Prüfstände tragen außerdem zur Sicherheit aller Beteiligten bei.

In jedem dieser Gesamtfahrzeugprüfstände ist das Fahrzeug über Fesselungen fest mit dem Prüfstand verbunden, bewegt sich also nicht vorwärts. Um dennoch die Straße im Labor zu simulieren, kommt zum einen Windkanaltechnik zum Einsatz, zum anderen sind in jedem der Prüfstände vier Rollenantriebe im Prüfstandsboden eingelassen. Diese zylindrischen Rollen haben bis zu zwei Meter im Umfang und simulieren an jedem der vier Räder den bewegten Untergrund. Dabei funktionieren die Rollen wie ein Dynamo an einem Fahrrad und können dadurch diverse längsdynamische Fahrsituationen simulieren. Bei Beschleunigungsversuchen, Bergauf- oder Hochgeschwindigkeitsfahrten bietet die Rolle den der Situation entsprechenden Fahrwiderstand und bremst das Fahrzeug. Die Rollen arbeiten dabei generatorisch und speisen den aus der Bremswirkung gewonnenen Strom ins EVZ Stromnetz ein.

„Die Rollen im Prüfstand sind unsere Straße – aber eine Straße die nie endet und beliebig bergauf oder bergab führen kann. Soll die Rolle im Prüfstand eine Bergabfahrt vom Großglockner simulieren, schiebt sie praktisch das Fahrzeug den ‚Berg‘ hinunter, ganz so wie dies die Hangabtriebskraft mit einem Auto an einem realen Berg auch tut.“

(Roland Kleemann, Methoden und Prüfeinrichtungen EVZ)

Da sich Fahrsituationen sehr schnell ändern können, muss sich die Rolle sehr schnell regeln lassen. Will man beispielsweise eine Notbremsung aus einer Autobahnfahrt mit 100 km/h simulieren, können die Rollen im EVZ eine Einregelzeit von nur 50 Millisekunden realisieren, das ist nur etwa halb so lang wie ein menschlicher Wimpernschlag. Und das mit unglaublicher Genauigkeit: Die Winkelsynchronisation zwischen den vier Rollen erfolgt mit einer maximalen Abweichung von lediglich plus/minus 0,05 km/h. Dies und die



Tatsache, dass die großen Rollenantriebe kurzzeitig eine Maximalleistung von bis zu 1,4 Megawatt erbringen können, machen sie zu einem der technischen Highlights im EVZ.

Der Thermowindkanal – „cool“ bleiben.

Der Thermowindkanal dient im Wesentlichen der klassischen thermischen Bauteilabsicherung und ist mit seinem Funktionsumfang dementsprechend ausgelegt. Hier werden vorzugsweise hohe Fahrzeuglasten gefahren, wie beispielsweise Hochlastfahrten mit einem Anhänger oder Höchstgeschwindigkeit in großer Hitze über einen längeren Zeitraum. Ziel ist es hier, alle Grenzlast bestimmenden Versuche, die der Kunde im „wahren Leben“ auch fährt, zu simulieren und nachzuvollziehen. Besonders interessant ist dabei jedoch nicht die reine Höchstgeschwindigkeitsfahrt auf einer Autobahn allein, sondern vor allem die Lastwechsel: fährt man lange auf der Autobahn unter Vollast und steht kurz darauf im Stau, bedeutet das eine hohe Belastung für das Kühlsystem, da kein Fahrtwind mehr die Kühlung unterstützt. In diesem Fall nimmt das Kühlvermögen drastisch ab, aber der heiße Motor erzeugt noch sehr viel Abwärme. In diesen Grenzsituationen muss das Kühlsystem dennoch in der Lage sein, diese Abwärme abzutransportieren.

Da der Thermowindkanal vor allem auf Untersuchungen zur Kühlleistung und thermischen Betriebssicherheit ausgelegt ist, liegt der realisierbare Temperaturbereich zwischen 20° C und 45° C. Das Gebläse erzeugt Windgeschwindigkeiten bis zu 280 km/h, um auch Höchstgeschwindigkeitsfahrten zu simulieren. Darüber hinaus verfügt er über eine begehbare Mittengrube mit Glasboden, die beispielsweise thermographische Untersuchungen des Unterbodens ermöglicht.

Der Klimawindkanal – Beschleunigung wie ein BMW M5.

Im Grunde identisch mit dem Thermowindkanal, bietet der Klimawindkanal einige Besonderheiten. Neben der thermischen Bauteilabsicherung liegt der Fokus hier zusätzlich auf Untersuchungen zu Klimatisierung, Bremsenkühlung und Hochdynamikversuchen. Mit bis zu 250 km/h Windgeschwindigkeit erreicht der Klimawindkanal zwar nicht die Höchstgeschwindigkeit des Thermowindkanals, jedoch kann das Gebläse hier schneller beschleunigen. Durch die Verwendung von besonders steifen und leichten Kohlefaserrotorblättern – statt Aluminiumblättern wie in den anderen Kammern – lässt sich hier sogar die Beschleunigung eines BMW M5



darstellen, um beispielsweise dessen Kühlverhalten auf dem Nürburgring abzusichern.

Zudem verfügt der Klimawindkanal über eine Sonnensimulation. Eingemessen auf bis zu 1200 Watt pro Quadratmeter sorgen 24 Hochleistungsstrahler in diesem Prüfstand für eine realitätsnahe und homogene Sonneneinstrahlung. Dies erlaubt vor allem erweiterte Prüfumfänge zur Kühlleistung. Als besondere Belastung für das Kühlsystem des Fahrzeugs wird dieses nach einer simulierten Belastungsfahrt mit schwerem Hänger „windgeschützt“ und in voller Sonneneinstrahlung abgestellt. Zu der Windstille und der warmen Umgebungsluft kommt außerdem eine hohe Bodentemperatur, die noch über der Lufttemperatur liegen kann. Auch hier wird der so wichtige Abtransport der Abwärme untersucht und abgesichert, damit kein Bauteil zu heiß wird. Um sicherzustellen, dass keine Luftbewegung mehr stattfindet, verschließt ein Rollo binnen fünf Sekunden die Düse des Gebläses. Die kontinuierliche Temperierung des Prüfstands wird währenddessen über Lüftungsgitter seitlich und oberhalb der Düse realisiert.

Neben zahlreichen Heißlanderprobungsumfängen lassen sich im Klimawindkanal auch Minusgrade bis zu -10°C Lufttemperatur darstellen, um beispielsweise das Zusammenspiel von Innenraumheizung und Motorkühlung zu untersuchen und zu optimieren. In diesem Windkanal werden außerdem Versuche zur Auslegung der Klimaanlage durchgeführt. Besonders die Belastungen im Leerlauf, im Stand, bei Bergfahrten und bei Stop-&-Go-Zyklen wie im Stadtverkehr, sind für Konzeption und Absicherung relevant. Wichtiger Aspekt mit Potenzial für die Zukunft ist auch das Zusammenspiel von Wärmemanagement und Klimatisierung.

Der Umweltwindkanal – Schneesturm im Sommer.

Der Auslegungs- und Absicherungsprozess in der Fahrzeugentwicklung bezieht sich jedoch nicht nur auf Untersuchungen in Wärme oder Kälte. Ziel der Prüfumfänge ist es außerdem, die Betriebs- und Verkehrssicherheit unter allen klimatischen Wetterbedingungen zu gewährleisten, also unter Regen, Schnee, Hitze oder Kälte und Höhe. Unter dem Begriff „komplexe Umweltsimulation“ subsumiert, bietet das EVZ die einzigartige Möglichkeit, die Testfahrzeuge auch im Prüfstand unterschiedlichsten Witterungsbedingungen auszusetzen.



Grundvoraussetzung für eine realitätsnahe Umweltsimulation ist eine gleichmäßige Luftströmung bis in hohe Geschwindigkeiten, die das Fahrzeug zudem mit einer gewissen Strömungsqualität umgibt. Eine hohe Strömungsqualität bedeutet, dass die Umströmung des Fahrzeugs im Prüfstand nahezu identisch mit der tatsächlichen Umströmung während der Fahrt auf der Straße ist. Des Weiteren sind zusätzliche Faktoren wie Luftfeuchte, Temperatur, Sonne, Regen und Schnee zu realisieren, die auch jeweils konstant oder in bestimmten Kombinationen und Wechseln gleichzeitig gegeben sein müssen. Mit dem EVZ gelingt es nun erstmals, diese Anforderungen in einen Prüfstand zu integrieren: den Umweltwindkanal.

„Mit dem Umweltwindkanal verfügt die BMW Group erstmals über die Möglichkeit, sämtliche Umweltfaktoren in einem isolierten Prüffeld einzeln und in Kombination abprüfen zu können. Damit lassen sich verschiedenste Umweltsituationen detailgetreu und vor allem realistisch abbilden.“

(Christa Hornreich; entwickelte die Methoden für die thermischen Prüfstände)

Neben einer Sonnensimulation verfügt der Umweltwindkanal über Anlagen zur Niederschlagssimulation. Damit können die Versuchingenieure im Prüfstand Regen und Schnee erzeugen – und das in verschiedenen Intensitäten. Sogar die Beschaffenheit des Schnees kann zwischen trocken und feucht, also Pulver- oder Nassschnee, variiert werden. Wie aufwendig die Schneeveruche in Alaska oder Skandinavien bisher waren, zeigt folgendes Beispiel: Eine besonders kritische Fahrsituation im Nordland ist die Fahrt hinter einem Lkw auf einer schneebedeckten Straße. Der Lkw erzeugt dabei eine große Schneefahne, in der die nachfolgenden Fahrzeuge fahren. Der Schnee in dieser Fahne ist so fein, dass er sich im Ansaugtakt des Motors festsetzt und den Luftfilter verstopfen kann. Ist dies der Fall, geht der Motor wegen Luftmangels aus. Sollten diese Bedingungen getestet werden, musste diese Situation stundenlang nachgestellt werden. Für Vergleichsfahrten wurden dabei immer drei Fahrzeuge und Fahrer benötigt. Dies alles kann nun deutlich sicherer und einfacher im Prüfstand erledigt werden: Bei Bedarf fährt die Schneelanze aus und simuliert die Schneefahne. Ein Fahrer wird für diesen Versuch nicht benötigt.

Weitere Versuche, die im Umweltwindkanal stattfinden können, sind beispielsweise die Überprüfung und Optimierung der



Scheibenwischerfunktion, des Wasserfangkonzepts in der A-Säule zur Freihaltung der Seitenscheibe vor überlaufendem Wasser sowie der Außenspiegel-Eigenverschmutzung. Auch Untersuchungen zur Klimaanlagefunktion in Heißklimaländern oder zur Auslegung des Heizsystems durch die Simulation der Kaltlanderprobung können durchgeführt werden. Mittels eines speziellen Messsystems werden hier auch Untersuchungen zur Bremsenabkühlung durchgeführt. Insgesamt ist im Umweltwindkanal ein Temperaturumfang von minus 20° C bis plus 55° C darstellbar.

Eine weitere große Besonderheit im Umweltwindkanal ist das Flachband, um auch Motorräder im Prüfstand bestimmten Umweltbedingungen aussetzen und deren Einfluss messen zu können. Die Möglichkeit, Motorräder im Prüfstand in diesen Umweltsituationen zu untersuchen, ist bisher einzigartig. Der Vorteil des Flachbands besteht in der hohen Simulationsgüte in Bezug auf die Straßenfahrt. Gegenüber einer Fahrt auf Rollen, bewegen sich nicht nur die Antriebsräder des Fahrzeugs, sondern der gesamte Boden darunter. Gerade bei Motorrädern ist dies wichtig, denn durch die Drehung des Vorderrads entstehen Luftströme, die die Kühlleistung wesentlich unterstützen (bei Motorrädern sitzt der Kühler hinter dem Vorderrad). Würde sich das Vorderrad nicht drehen, wären die Messergebnisse wertlos. Daher ist es gerade bei Themen wie der Kühlungsabsicherung oder der Entwicklung des Lufteintritts durch die Kühlung von großer Wichtigkeit, dass sich das ganze Motorrad auch im Prüfstand so bewegt, als würde es auf der Straße fahren. Des Weiteren besteht sogar die Möglichkeit, das Motorrad auf dem Band bis zu gewissen Geschwindigkeiten „heiß“ – also mit Testfahrer – zu fahren. In allen anderen Fällen wird das Motorrad fixiert und aus dem Leitstand heraus betrieben.

Der Höhenprüfstand – ganz hoch hinaus.

Der Höhenklima Prüfstand ist das „Highlight“ des EVZ. Auf den ersten Blick dem Kälteprüfstand recht ähnlich, fallen auf den zweiten Blick einige Unterschiede auf: Die Anzeigetafel im Prüfstand verfügt über ein Informationsfeld mehr, das die Bezeichnung Höhe trägt. Zudem erkennt man die ungewöhnlich dicken Fenster mit speziell verstärkten Rahmen und die schwere massive Stahltür, die die Messwarte vom Prüfstand trennt. Nur durch eine Druckschleuse kann man den Prüfstand betreten. Dieser Aufwand ist nötig, denn in diesem Prüfstand wird Höhe simuliert. Der



Höhenprüfstand erlaubt Testfahrten bis auf 4200m Höhe über Normalnull, dies entspricht einem Absolutdruck von 620 Millibar. Damit trennen bis zu 400 Millibar Druckdifferenz die Messwarte vom Prüfstand.

„Der Höhenprüfstand lässt sich am besten mit einem U-Boot vergleichen. Dort gibt es ähnliche Druckverhältnisse und Kräfteinwirkungen auf die Außenhülle.“

(Christa Hornreich)

Ein großes Gebläse evakuiert den gesamten Prüfstand entsprechend, schafft dabei aber immer noch einen Ausgleich zwischen der Luft, die der Motor zur Verbrennung benötigt und dem Abgas, das er dabei produziert. Auch Überdruck kann simuliert werden, sodass in München gleichermaßen Messungen auf Meereshöhe wie auf Alpenpässen simuliert werden können. Dies ist unter anderem wichtig für den Abgleich mit bisherigen Messungen auf dem Versuchsgelände in Miramas, Südfrankreich.

Aber der Prüfstand kann noch viel mehr. Zusätzlich zum Luftdruck, kann ein Temperaturbereich von minus 30° bis plus 45° C dargestellt werden, die Luftfeuchte ist variabel und der Prüfstand verfügt über eine Sonnensimulationsanlage. Damit ist eine komplette Umweltsimulation möglich. Praktisch alle Klimazonen der Welt können hier nachgebildet werden.

Auch wenn dieser Prüfstand in der Größe den thermischen Windkanälen deutlich nachsteht, verfügt er dennoch über die entsprechende Windkanaltechnik. Dank einer aufwendigen Simulation ist es dem Prüfstandsplaner gemeinsam mit den Aerodynamikexperten der BMW Group gelungen, auf kleinstem Raum einen aerodynamisch anspruchsvollen Prüfstand zu realisieren. Die Düse misst immerhin zwei Quadratmeter – ein Novum für einen Höhenprüfstand – und ermöglicht so eine sehr gute Anströmung des Motorraums. Der Kollektor im Fond sorgt zudem für eine definierte Abströmung im Fahrzeugheckbereich und am Unterboden. Die gesamte Luftführung ist optimal ausgestaltet, um Verluste zu reduzieren und Strömungsablösungen zu verhindern. Durch all diese Maßnahmen konnte erreicht werden, dass auch in diesem Prüfstand Windgeschwindigkeiten von 250 km/h dargestellt werden können und das mit einer realistischen Anströmung bis zur A-Säule des Fahrzeugs.



Ein weiteres Alleinstellungsmerkmal dieses Prüfstands ist die integrierte Messtechnik für Verbrauch und Emissionen. Während in den anderen Prüfständen die Messtechnik im Fahrzeug verbaut ist, stellt hier der Prüfstand die Messtechnik. Eine moderne CVS Abgasmessanlage ermöglicht zulassungsrelevante Messungen unter den Aspekten Höhe, Kälte und Hitze. Die Messtechnik ist geeignet, auch minimale Emissionen, wie sie die zukünftige Gesetzgebung vorschreibt, zuverlässig zu detektieren. Durch den im Vergleich zu einfachen Abgasrollenprüfständen erweiterten Geschwindigkeits- und Temperaturbereich können hier auch verbrauchsreduzierende Maßnahmen außerhalb der gesetzlichen Zyklen untersucht werden. Denn Efficient Dynamics bezieht sich auf den gesamten kundenrelevanten Fahrbereich. Mit all diesen Merkmalen ist der Höhenklima Prüfstand der ideale Prüfstand für die Motorenentwicklung.

Der Höhenprüfstand und der neue BMW TwinPower Turbo Vierzylinder.

Im Höhenprüfstand herrschen beste Voraussetzungen, um die Ingenieure bei der optimalen Auslegung und Applikation von Motoren zu unterstützen. Dies zeigt eindrucksvoll der neue BMW TwinPower Turbo Vierzylindermotor, denn bei der Entwicklung dieses Antriebs griff man bereits auf die Prüfmöglichkeiten des Höhenprüfstands zurück. Als erster BMW Vierzylindermotor mit Benzin-Direkteinspritzung High Precision Injection und vollvariabler Ventilsteuerung VALVETRONIC setzt der neu entwickelte Motor Maßstäbe für Wirtschaftlichkeit auf höchstem Leistungsniveau. Zum äußerst direkten Ansprechverhalten des neuen Motors trägt vor allem das Aufladesystem bei, das nach dem TwinScroll Prinzip, sowohl im Abgaskrümmen als auch im Turbolader selbst, die Kanäle von jeweils zwei Zylindern voneinander trennt.

Gerade bei Motoren mit Turboaufladung ist die Untersuchung des Verhaltens unter Höhe sehr relevant, da beispielsweise der Ladedruck des Turboladers dem Luftdruck unter verschiedenen Höhen ständig angepasst werden muss. Je höher das Fahrzeug fährt, desto geringer ist der umgebende Luftdruck. Um auch in großen Höhen die optimale Drehmoment- und Leistungsentfaltung des Motors gewährleisten zu können, muss die Steuerelektronik durch eine intelligente Regelung des Ladedrucks die deutlich unterschiedlichen Umgebungsbedingungen ausgleichen. Zudem muss die Regelung sicherstellen, dass durch die höheren relativen Ladedrücke, die in großen



Höhen möglich sind, die zulässigen Drehzahlen des Turboladers nicht überschritten werden. Veränderungen des Ladedrucks und die Wirksamkeit entsprechender Gegenmaßnahmen lassen sich im Höhenprüfstand sehr gut ermitteln und applizieren. Entsprechend ist der neue BMW TwinPower Turbo Vierzylindermotor auch diesbezüglich optimal eingestellt.

Weiterhin werden im Höhenprüfstand zulassungsrelevante Prüfumfänge zur Emissionierung unter Höhe gefahren. Ein Prüfumfang beschäftigt sich dabei mit der Regelung von Emissionen über die Tankentlüftung. Mit zunehmender Höhe gast der Kraftstoff im Tank mehr und mehr aus. Diese Gase dürfen jedoch nicht an die Umwelt abgegeben werden, sondern müssen dem Motor zugeführt und dort mitverbrannt werden. Ein spezielles Ventil steuert die Tankentlüftung, dessen Öffnungstaktung an das Höhenniveau angepasst werden muss. Mit dem sogenannten „Denver-Zyklus“ wird dann in einer simulierten Höhe von 1620 Metern geprüft, ob die für den amerikanischen Markt relevanten Grenzwerte eingehalten werden oder ob die Taktung des Ventils diesbezüglich noch optimiert werden muss.

Colorado in München.

Nach der Grundapplikation im Motorprüfstand musste die Feinabstimmung des Antriebsstrangs bisher meist auf aufwendigen Erprobungsfahrten, beispielsweise in Colorado, durchgeführt werden. Der Höhenprüfstand ermöglicht es dem Versuchingenieur, nun seine Arbeitsweise bei der Grundapplikation auf die Feinabstimmung im EVZ zu übertragen. Messergebnisse und Methodik können übernommen werden. Wichtiges Untersuchungsthema im Höhenklimaprüfstand ist die Applikation Turbolader, aber beispielsweise auch die Abstimmung der Abgasnachbehandlung des Fahrzeugs.

Das Kraftstoffversorgungssystem ist ein weiterer wichtiger Untersuchungsschwerpunkt. So wie Wasser auf großer Höhe bei niedrigeren Temperaturen zu kochen beginnt, sinkt auch der Siedepunkt von Kraftstoff, sodass in der Höhe größere Mengen verdampfen. Dementsprechend muss die Kraftstoffeinspritzung angepasst werden. Die verdampfenden Kraftstoffanteile werden aufgefangen und wieder dem Motor zugeführt. Dies senkt den Kraftstoffverbrauch und schont die Umwelt.



Zusätzlich wird in diesem Prüfstand die On-Board-Diagnose Funktion (OBD) appliziert. Dabei handelt es sich um ein komplexes Diagnosesystem im Fahrzeug, das während der Fahrt aktiv ist. Es überwacht alle Motor und Getriebefunktionen und informiert den Fahrer sofort, wenn eine Fehlfunktion auftritt. So werden emissionsrelevante Probleme frühzeitig erkannt und können schnell behoben werden. Das System überwacht Dutzende von Funktionen und muss in allen Fahrsituationen und unter allen Umweltbedingungen funktionieren. In den USA ist der Nachweis einer funktionierenden OBD über einen definierten Fahrzyklus Teil der Zulassung.

Nach erfolgreicher Applikation aller Einzelkomponenten kann im Höhenprüfstand als finaler Test eine reale Bergfahrt mit entsprechender Steigung und zunehmender Höhe sowie abnehmender Temperatur dargestellt werden.

Die Optimierung von Abgasemissionen und Verbrauch ist ein spezieller Bereich der Fahrzeugentwicklung, der weit über die Motorenentwicklung hinausreicht und die gesamte Fahrzeugentwicklung betrifft. Die Grenzwerte werden vom Gesetzgeber vorgeschrieben und in regelmäßigen Abständen verschärft. Zudem setzen verschiedene Länder unterschiedliche Schwerpunkte bei den Vorschriften. Die Entwicklung von Fahrzeugen, die einerseits diesen Vorschriften entsprechen und andererseits größten Komfort und Dynamik für den Kunden bieten, ist eine enorme Herausforderung. In diesem speziellen Klimaprüfstand kann das Thema gesamtheitlich betrachtet werden. Der Versuchingenieur kann hier einen gesetzlich vorgeschriebenen Fahrzyklus und einen BMW typischen Zyklus direkt hintereinander fahren und bewerten.

Der Kälteprüfstand – Eiszeit im EVZ.

Als kleinster Prüfstand im EVZ adressiert der Kälteprüfstand vor allem die Versuche, die mit sehr tiefen Temperaturen zu tun haben. Da die hier gefahrenen Untersuchungen keine naturgetreue Gesamtfahrzeugumströmung erfordern, entfällt die aufwendige Luftführung und der Prüfstand kann baulich deutlich kleiner ausfallen. Der erzeugte Wind dient hier lediglich dazu, den Motor zu kühlen und so sicherzustellen, dass keine Fahrzeugkomponenten beschädigt werden.



Die Tests in diesem Prüfstand umfassen Kaltstartversuche ebenso wie die Überprüfung der Batteriefunktionalität unter extremen Bedingungen, die Auslegung und Funktionsprüfung des Heizungssystems und die Beschlagfreihaltung der Scheiben. Dazu wird das Fahrzeug bei minus 20° C mit Wasser vereist. Dann lässt man den Motor an und stellt die Heizung im Fahrzeug auf Defroststellung, um zu überprüfen, dass die Heiz-Klimaanlage die Scheibe in einem vorgegebenen Zeitrahmen wieder enteist. Zur besseren Nachverfolgung der Enteisungsversuche verfügt die Kältekammer über das sogenannte „Automatische Defrost-Analysesystem“. Mittels vier Kameras an Front, beiden Fahrzeugseiten und dem Heck zeichnet ein Bildverarbeitungssystem voll automatisiert auf, wie schnell die Scheiben durch die Innenraumheizung des Fahrzeugs wieder frei werden. Anhand der Aufzeichnungen lassen sich verschiedene Durchgänge und Auslegungsstrategien analysieren, vergleichen und auswerten. Dieses Verfahren wurde bereits vor 16 Jahren entwickelt und zieht nun nochmals modernisiert in das EVZ mit ein. Der Versuch ist typprüfungsrelevant, ebenso wie der

Nachweis der Erfüllung von länderspezifischen Vorgaben (Typprüfungen ECE, USA, Japan etc.) bezüglich der Beschlagfreihaltung von Front- und Heckscheibe. Für diese Funktion gelten aus Sicherheitsgründen bestimmte Auflagen: Jedes Fahrzeug muss innerhalb einer, je nach Markt differierenden, gesetzlich vorgeschriebenen Zeit die Scheiben von Beschlag befreien. Um die Einhaltung der Vorgaben abzu prüfen, positioniert man ein Gerät auf dem Fahrersitz, das mittels Wasserdampf eine hohe Luftfeuchtigkeit im Innenraum erzeugt und die Scheiben von innen beschlagen lässt. Die „Scheibenentfeuchtung/-belüftung“ des Heiz-Klimasystems sorgt nun innerhalb der vorgeschriebenen Zeit dafür, dass die Scheiben wieder beschlagfrei sind. Die Ergebnisse dienen beispielsweise der Entwicklung und Optimierung der Belüftungsöffnungen für den Fahrzeuginnenraum.

Gerade für Tests in tiefkalten Verhältnissen mussten bisher die Vorkonditionierungszeiten für die Fahrzeuge in der Prüfstandsbelegung mit eingeplant werden. Diese „Totzeiten“ sind im EVZ Vergangenheit; die Fahrzeuge werden bereits vorkonditioniert in den Prüfstand eingebracht.



Soakrooms – Schockfrosten für Fahrzeuge.

Im Untergeschoss des EVZ befindet sich ein großer Beitrag zum effizienten Prüfprozess – die Vorkonditionierräume, auch „Soakrooms“ genannt. In diesen acht kleinen Kammern findet die thermische Vorkonditionierung der Fahrzeuge für alle Prüfstände statt. Hier können die Fahrzeuge vor der Messung auf eine Temperatur zwischen minus 40° C und plus 55° C gebracht werden, je nachdem, ob eine Simulation von Heiß- bzw. Kaltlanderprobungen oder sogar Schneeversuchen durchgeführt werden soll. Zudem verfügen die Kammern über einen elektrischen Anschluss, damit Elektrofahrzeuge während der Konditionierung auch geladen werden können. Ein Soakroom ist mit einer Abgasabsaugung ausgestattet. Hier können einfache Startversuche durchgeführt werden. Damit muss kein Prüfstand für derartige Tests belegt werden.

Das Besondere an dem Konzept der Soakrooms ist die bewusste Trennung von Vorbereitung und Durchführung der Versuche. In anderen Prüfumgebungen müssen die Fahrzeuge im Prüfstand über mehrere Stunden auf Temperatur gebracht werden. Während dieser langwierigen Konditionierung können keine Versuche stattfinden. Durch die Soakrooms im EVZ dagegen sind eine parallele Vorkonditionierung der Fahrzeuge und eine schnelle Beschickung der Prüfstände ohne lange Warte- oder Belegzeiten möglich. So sind die Prüfstände nur für die Dauer des Versuchs besetzt, was deutlich mehr Versuche in weniger Zeit und damit eine deutlich bessere Auslastung des Prüffelds ermöglicht. Sollen beispielsweise zwei Fahrzeuge unter gleichen Bedingungen getestet werden, wird eines in den Prüfstand gebracht und das andere bleibt solange im Soakroom auf Temperatur. Sobald das erste Fahrzeug fertig ist, kommt das zweite mit der richtigen Temperatur in den Prüfstand und die Untersuchungen gehen weiter. Im EVZ betragen die Übergangszeiten beim Fahrzeugwechsel nur noch ca. eine halbe Stunde gegenüber oft mehreren Stunden in der alten Prüfstandsumgebung in Aschheim.



Nicht weit entfernt von den acht Soakrooms befindet sich der Warmsoakbereich mit bis zu zehn Stellplätzen. Hier werden die Fahrzeuge auf einer großen Fläche für die Abgasuntersuchungen auf eine Temperatur von 24° C gebracht. Besonders bei diesen Untersuchungen sind eine exakte Temperierung und eine schnelle Beschickung der Prüfstände ohne Temperaturverluste von großer Bedeutung.

Prinzip der kurzen Wege – alles greift ineinander.

Um die schnelle Beschickung zu gewährleisten, ist das EVZ konsequent nach dem Prinzip der kurzen Wege gebaut. Auch im Detail wurde darauf geachtet, die versuchsfertigen Fahrzeuge schnellstmöglich in den Prüfstand zu bringen. Über zwei speziell temperierte Aufzüge mit sehr geringer Luftfeuchtigkeit gelangen die Fahrzeuge aus dem Untergeschoss auf die Prüfstandsebene. Wäre die Luftfeuchtigkeit im Aufzug höher, würden die auf bis zu minus 30° C gekühlten Fahrzeuge sofort vereisen. Während der Fahrt nach oben bringen Drehteller in den Aufzügen das Fahrzeug bereits in Position, sodass es sofort in den Prüfstand eingebracht werden und der Prüfbetrieb starten kann. Damit die Transportwege für die gekühlten Fahrzeuge so kurz wie möglich bleiben, sind die Aufzüge zwischen den Prüfständen angeordnet, in denen vorkonditionierte Fahrzeuge getestet werden.

Hinter den Kulissen der Prüfstände – Die Infrastruktur des EVZ.

„Besonders wichtig war bei der Konzeption die Realisierung von möglichst kurzen Wegen. Das EVZ ist daher sehr kompakt und auf sehr geringer Fläche realisiert.“

(Peter Hoff, Projektplanung EVZ)

Insgesamt erstreckt sich das EVZ über drei Etagen und zwei Zwischenebenen, die Prüfstände befinden sich jedoch alle auf einer Ebene, dem Erdgeschoss. Es wurde eine Architektur geschaffen, in der die Hauptfahrzeugbewegungen nur auf einer Ebene stattfinden. Durch die kurzen Wege gelangen die Fahrzeuge schneller in den Prüfstand, was wiederum für schnellere Ergebnisse sorgt. Alle Tätigkeitsbereiche, die prüfbezogen, aber nicht unbedingt auf die unmittelbare Nähe der Prüfstände angewiesen sind, befinden sich im ersten Stock oder im Untergeschoss und sind über Aufzüge mit der Prüfstandsebene verbunden. Während im Untergeschoss die Fahrzeuge in den „Soakrooms“ auf die im Prüfstand



benötigte Temperatur gebracht werden, befinden sich im oberen Geschoss die Werkstätten für die Fahrzeuge, an denen noch größere Modifikationen für den Prüfbetrieb vorgenommen werden müssen.

Bevor ein Fahrzeug, egal ob Auto oder Motorrad, in den Prüfbetrieb kommt, passiert es den Central Space. Hier, im zentralen Eingangsbereich des EVZ und direkt vor den Prüfständen, finden die letzten Modifikationen für den Prüfstandsbetrieb statt. Bis zu sieben Fahrzeuge können hier parallel umgerüstet und vorbereitet werden. Die Vorgabe an die Entwicklungsabteilungen, dass die Fahrzeuge bereits versuchsfertig im EVZ angeliefert werden, ermöglicht einen kurzen Durchlauf.

Zunächst bekommen die Fahrzeuge sogenannte Rollenreifen. Dies dient der Sauberkeit in den Prüfständen und der Sicherheit, da sich auf der Rolle eine erhöhte Belastung ergibt. Der Reifen rollt nämlich auf einem Rollenscheitel ab und nicht auf der „flachen“ Straße. Zusätzlich wird die Fahrzeugfesselung vormontiert, mit der das Fahrzeug später im Prüfstand fixiert wird. Versuche mit laufendem Motor erfordern einen speziellen Anschluss zur Abgasabsaugung, der ebenfalls bereits im Central Space angebracht wird. Die Mechaniker verkabeln die Fahrzeuge, damit man die Messdaten von der Messwarte aus überwachen kann. Zudem wird hier je nach Anforderung ein elektronisches Gaspedal verbaut. Es ermöglicht dem Prüfstandstechniker das Fahrzeug aus der Messwarte heraus zu beschleunigen. Denn während des Prüfbetriebs sitzt meist niemand im Auto. Der Computer steuert das jeweilige Fahrzeug präzise und exakt nach Vorgabe, um die Reproduzierbarkeit von Bedingungen und Ergebnissen zu gewährleisten.

Direkt an den Central Space grenzt ein kleiner Raum mit vielen Funktionen. Hier können alle Tätigkeiten durchgeführt werden, die einen geschlossenen Raum zur Vorbereitung erfordern. Das Tanken mit Spezialkraftstoffen, das Enttanken oder das erneute Auftanken der Versuchsträger ist hier möglich. Der Raum verfügt über eine eigene Tankanlage, die nicht nur Kraftstoff ins Fahrzeug bringt, sondern ihn auch abpumpen und sammeln kann. Auch die Wiederverwertung von Kraftstoff zeigt, dass das EVZ bis ins kleinste Detail auf einen nachhaltigen und äußerst effizienten Prüfbetrieb angelegt ist. Hier ist außerdem das ganze Jahr über Winterdiesel verfügbar, um auch im Sommer realistische Kaltversuche fahren zu können. Darüber hinaus verfügt der Multifunktionsraum aufgrund der hohen Sicherheitsbestimmungen im



Umgang mit Sonderkraftstoffen über eine sehr effektive Lüftung, weshalb er auch als Schnelltrockenkammer für nass angelieferte Fahrzeuge benutzt werden kann.



4. Die Straße ins Labor.

Ob eine innovative Idee erfolgreich umgesetzt werden kann, lässt sich immer erst durch die Erprobung in der Praxis belegen. Dort zeigt sich, ob die Theorie den Anforderungen der Realität auch gerecht wird. Deshalb sind und bleiben Testfahrten für die BMW Group ein unverzichtbarer Bestandteil in der Fahrzeugentwicklung und -absicherung. Dabei legen die Prototypen auf Teststrecken und Straßen rund um die Welt viele Millionen Versuchskilometer zurück. Die Fahrzeuge müssen sich auf Erprobungsfahrten in Alaska und Skandinavien in Kälte und Schnee bewähren, sie werden durch Regen- und Feuchtgebiete gefahren, um Klimaanlage unter tropischen Bedingungen zu testen, und in den Gipfeln der Alpen oder der Rocky Mountains überprüfen die Versuchingenieure beispielsweise die Auswirkungen der sauerstoffarmen Höhenluft auf das Motormanagement. Außerdem geht es für die Versuchsträger mit Höchstgeschwindigkeit durch die Hitze der Wüste von Südafrika und letztendlich im Stop-&-Go-Verkehr durch die belebte Innenstadt von Tokio. Und diese Liste lässt sich weiter fortführen.

Testfahrten liefern den Entwicklungsingenieuren der BMW Group wertvolle Erkenntnisse über das Verhalten einzelner Komponenten sowie über das Verhalten des Gesamtfahrzeugs. Doch Testfahrten auf der Straße erfordern hohen Aufwand an Mensch und Fahrzeug, finden nicht immer unter optimalen Bedingungen statt und können meist nicht beliebig oft mit den gewünschten Parametern wiederholt werden. Mit dem neuen Energie- und umwelttechnischen Versuchszentrum (EVZ) der BMW Group wird dies nun anders.

„In den neuen Prüfständen durchläuft das Auto in wenigen Stunden Bedingungen, für die es bislang einmal um die Welt musste: Alaska, Südafrika, Schweiz, ...“

(Dr. Johannes Liebl, Leiter Effiziente Dynamik)

Viele Testfahrten können nun innerhalb der neuen Prüfstände im EVZ stattfinden. Die realistische Simulation von Umweltbedingungen wie



Hitze, Kälte, Höhe oder Niederschlag im Prüfstand eröffnet völlig neue Prüfmöglichkeiten. Unabhängig von äußeren Bedingungen wie Jahreszeiten, Tageszeiten, Temperaturen oder Niederschlag können die Testfahrten im EVZ innerhalb von wenigen Stunden oder Tagen durchgeführt werden – statt bisher innerhalb mehrerer Wochen und sogar Monate. Durch Kombination der unterschiedlichen Prüfstände in Verbindung mit den ausgeklügelten Prüfmethoden der Methodeningenieure können im EVZ das ganze Jahr über ideale Prüfbedingungen eingestellt werden.

Bisher stellte sich die Frage: Testfahrt oder Prüfstand?

Untersuchungen auf der Straße liefern aussagekräftige und realitätsnahe Ergebnisse für die Entwicklung und Absicherung von Fahrzeugen. Jedoch sind Testfahrten bedeutend anspruchsvoller durchzuführen und zudem schwerer auszuwerten als Versuche auf dem Prüfstand. Gerade die Reproduzierbarkeit der Testbedingungen stellt auf der Straße eine sehr große Herausforderung dar. Denn aufgrund der Abhängigkeit von äußeren Faktoren gleicht kaum eine Fahrt – und damit auch kaum eine Messung – der anderen. Ein Beispiel: Eine typische Versuchsfahrt zur Absicherung der thermischen Betriebssicherheit besteht darin, im Hochsommer mit einem schweren Anhänger mehrmals eine anspruchsvolle Bergstraße hinaufzufahren. Zahlreiche Unwägbarkeiten, wie Fahrradfahrer, ein spontan hohes Verkehrsaufkommen, unvorhersehbare Reaktionen anderer Verkehrsteilnehmer, Umleitungen oder Temperatur- und Wetterumschwünge machen es jedoch nahezu unmöglich, diese Strecke zweimal hintereinander unter den exakt gleichen Bedingungen zu fahren – ob in Bezug auf Zeit, Geschwindigkeit, Umgebungstemperatur oder Lastwechsel. Die Ergebnisse der beiden Versuchsfahrten sind damit nicht ohne Weiteres vergleichbar, sondern müssen von den Versuchsingenieuren auf ihren Aussagegehalt hin interpretiert werden.

Bei Versuchsfahrten im Prüfstand dagegen lassen sich die Prüfbedingungen bestens reproduzieren, die Mess- und Auswertetechnik registriert dabei jede Veränderung am Fahrzeug. Auf Prüfständen der letzten Generation bildeten die Tests die Summe der Beanspruchungen einer Fahrt unter Realbedingungen noch nicht vollständig ab. Die Ergebnisse waren noch nicht direkt übertragbar, auch hier musste noch interpretiert werden.



„Bisher standen wir immer vor der Entscheidung: auf dem Prüfstand unter justierbaren und reproduzierbaren Parametern messen – mit Abstrichen bei der Realitätsnähe. Oder auf der Straße unter realistischen Bedingungen testen, die sich aber nicht reproduzieren lassen. Beides gleichzeitig ging nicht. Jetzt ist das anders.“

(Roland Kleemann, Methoden und Prüfeinrichtungen EVZ)

Im EVZ: Testfahrt im Prüfstand – das Beste aus beiden Welten.

Mit dem EVZ gelingt den Entwicklungsingenieuren der BMW Group die Verbindung der beiden Testwelten „Straße“ und „Prüfstand“. Durch seine Ausstattung bietet das EVZ deutlich verbesserte Testmöglichkeiten gegenüber den bisherigen Prüfständen.

„Die Anordnung von fünf Klimaprüfständen unter einem Dach gibt uns einzigartige Testmöglichkeiten für unsere Fahrzeuge. Alle Prüfumfänge können in extrem kurzer Zeit durchlaufen werden – ein Fahrzeug umrundet quasi in acht Stunden einmal die Welt.“

(Roland Kleemann)

So lassen sich hier erstmals auch in einem Klimaprüfstand hochdynamische Versuche fahren. Fahrprofile können im Prüfstand so abgebildet werden, wie der Kunde auf der Straße tatsächlich fährt – sprich Gas gibt und bremst. Mit der „Umweltsimulation“ erhalten sämtliche Umgebungsbedingungen einer Straßenfahrt Einzug in den Prüfstand. Die Möglichkeit, Sonne, Regen, Schnee, Wind, Luftfeuchtigkeit und sogar Höhe zu simulieren, eröffnet völlig neue Erprobungswelten – im wahrsten Sinne des Wortes: In den Prüfständen im EVZ können Versuchsfahrten stattfinden, die aufgrund der dort herrschenden Bedingungen bisher nur in Südafrika, Tokio oder Alaska durchgeführt werden konnten. Die Daten aus dem Prüfstand sind reproduzierbar und zeigen sehr genau, ob Bauteile ihre Funktion erfüllen oder bestimmte Funktionsstrategien tatsächlich zu einer Kraftstoffeinsparung führen.

Viele Vorteile für Mensch, Maschine und Umwelt.

Das neue Prüffeld birgt viele, vor allem prozessbezogene Vorteile. Zahlreiche Testfahrten in Heiß- und Kaltländern, die durch Flüge sehr aufwendig, teuer und CO₂-intensiv sind, können nun jahreszeitenunabhängig – und damit deutlich kostengünstiger und umweltschonender – im EVZ stattfinden.



Damit wird der Entwicklungsprozess insgesamt kürzer und einfacher. Der entzerrte Prüfkalender ermöglicht eine deutlich bessere Auslastung der Prüfstände bei gleichzeitig weniger Versuchsträgern, da diese nicht mehr wochenlang auf Erprobung und damit nicht verfügbar sind. Lästige Transferzeiten entfallen und die Versuchsingenieure müssen nicht in die weit entfernt liegenden Prüfgebiete mitfliegen. Zudem stehen die aussagekräftigen Ergebnisse nach der Untersuchung sofort zur Verfügung.

Bei allen Bemühungen, die Straße ins Labor zu holen, ist der BMW Group eines besonders wichtig: Das EVZ ist kein Ersatz für Testfahrten auf der Straße und will dies auch gar nicht sein. Vielmehr dient es als effiziente Ergänzung. Daher achten die Ingenieure der BMW Group sehr genau darauf, welche Prüfumfänge und Versuchsfahrten im EVZ und welche auf der Straße durchgeführt werden. Beispielsweise Untersuchungen zur subjektiven Beurteilung von Fahreigenschaften wie Komfort, Anfahrverhalten oder der Querschleunigung in Schräg- oder Kurvenfahrt, müssen nach wie vor auf der Straße oder dem Messgelände stattfinden – denn nur dort sind diese Faktoren wirklich beurteilbar. Gerade bei der Straßenerprobung entstehen auch immer wieder neue Anforderungen an die Entwicklungsingenieure durch den Abgleich mit der „Welt und Wahrnehmung des Kunden“.

„Es wird immer Straßenversuche geben, denn nur dort kann das Fahrverhalten unter realen Straßenbedingungen getestet werden. Das subjektive Fahrgefühl der Testfahrer und Versuchsingenieure – das sogenannte „Popometer“ – ist ein Messinstrument das wir nicht missen wollen.“

(Roland Kleemann)

Wie holt man die Straße in den Prüfstand? – Die Methodenentwicklung.

Um die Straße ins Labor zu holen, braucht es zum einen bestens ausgerüstete Prüfstände. Mindestens ebenso wichtig sind jedoch die Prüfmethode, die es ermöglichen, realitätsnahe Fahrten im Prüfstand durchzuführen und damit die Voraussetzungen des EVZ bestmöglich zu nutzen. Ziel ist es, die Umweltbedingungen einer Testfahrt auf der Straße im Prüfstand möglichst realitätsnah zu simulieren – also die Anforderungen der Versuchsingenieure über eine bestimmte Testkonstellation im Prüfstand abzubilden.



„Erst eine richtig abgestimmte Prüfmethode macht den Prüfstand zur Straße.“

(Roland Kleemann; hat bei der Methodenentwicklung eng mit den Versuchsingenieuren zusammengearbeitet, um die „Straße ins Labor“ zu holen)

Das Vorgehen bei der Prüfmethodeentwicklung gliedert sich in mehrere Phasen: Nachdem alle Anforderungen der entwickelnden und absichernden Abteilungen eingeholt wurden, wägt man ab, welche Prüfumfänge im EVZ überhaupt durchgeführt werden können und bei welchen dies sinnvoll ist. Sind die entsprechenden Untersuchungen identifiziert, werden die relevanten Straßendaten eingemessen und dem Prüfstand „beigebracht“, sodass dort auf Knopfdruck ein bestimmtes Fahrprofil abläuft. Abschließend wird der Prüfzyklus validiert und durch die Versuchsingenieure bestätigt.

Anforderungsmanagement – wer will was und warum.

Für das EVZ wurde im ersten Schritt erfasst, welche Prüfanliegen es im Unternehmen gibt. In einer gezielten Bedarfserhebung befragten die Prüfmethodeentwickler alle potenziellen „Testkunden“ aus dem gesamten Entwicklungsbereich des Unternehmens – insgesamt über fünfzig Abteilungen inkl. Motorsport und Motorrad –, welche Prüfanforderungen sie haben, wie ihr ideales Prüffeld aussieht und auf welche Parameter sie besonders großen Wert legen. Ziel dieser Befragung war jedoch nicht, blind jeden Bedarf mit dem EVZ zu erfüllen. Vielmehr galt es, ein Untersuchungsportfolio zu erarbeiten, das die Maximierung der Substituierbarkeit in Verbindung mit einer visionären Prüfstandsarchitektur schafft: Eine Prüfstands Umgebung, die alle erforderlichen Voraussetzungen bietet, um möglichst viele Untersuchungen von der Straße in den Prüfstand zu übertragen und dabei auch die Anforderungen der automobilen Zukunft, wie spezielle Prüfzyklen für Hybrid-, Elektro- oder Wasserstofffahrzeuge, zu berücksichtigen.

Deshalb mussten die Fachabteilungen im Rahmen der Bedarfserhebung ihre Anforderungen auch plausibilisieren, also begründen, wofür sie das, was sie fordern, brauchen. Denn neben der Identifizierung sämtlicher Prüfanliegen galt es vor allem zu klären, welche der Untersuchungen in den Prüfstand übertragen werden können und bei welchen dies sinnvoll ist. Im EVZ wurden dann nur Versuche umgesetzt, die entweder auf der Straße nicht oder im Labor besser und günstiger durchgeführt werden können.



Der Berg muss in den Prüfstand.

Sobald der Bedarf identifiziert und plausibilisiert war, begannen die Experten der BMW Group damit, die richtige Prüfmethode für den jeweiligen Versuchsumfang zu entwickeln.

„Wir können einem Prüfstand nahezu jede Last, die in der Natur vorkommt, beibringen. Das Entscheidende ist die richtige Kombination der einzelnen Parameter. Erst dann wird bei den Messungen kein Unterschied zur Fahrt auf der Straße sichtbar.“

(Roland Kleemann)

Doch bis das Fahrzeug im Prüfstand tatsächlich keinen Unterschied mehr zu der Erprobungsfahrt merkt, ist es ein weiter Weg. Dies zeigt das Beispiel der dynamischen Bergfahrt mit Anhänger am Mount Ventoux. Der Versuchsaufbau: Ein Testfahrzeug fährt im Hochsommer mit einem schweren Anhänger die anspruchsvolle Bergstraße hinauf, um bestimmte Fahrzeugkomponenten bewusst an die Grenze ihrer thermischen Belastbarkeit zu bringen. Sämtliche testrelevanten Bedingungen dieser Fahrt im Prüfstand darzustellen, war nur eine der vielen Herausforderungen für die Prüfmethodeentwickler. Denn nicht nur Umweltbedingungen wie Temperatur und Sonneneinstrahlung müssen dafür simuliert werden, sondern auch der Roll- und Luftwiderstand und die Hangabtriebskraft müssen im Prüfstand korrekt abgebildet werden.

Voraussetzung dafür ist ein Vorbild in Form einer physikalischen Beschreibung des bisherigen Prüfablaufs auf der Straße. Die Versuchingenieure messen ihre Straßenreferenzversuche ein und erfassen die während der Fahrt herrschenden Fahrzeug-, Straßen- und Umweltbedingungen. Von der Anfahrt über Land und Autobahn, die zur Vorkonditionierung des Fahrzeugs dienen, bis hin zur tatsächlichen Untersuchungsfahrt am Berg, wird die Fahrt mehrdimensional aufgezeichnet. Die Messtechnik erfasst jede Zehntelsekunde die relevanten Parameter von Fahrzeug und Umwelt. Dazu gehört vor allem der sich ständig ändernde Fahrwiderstand, der sich aus den Komponenten Reifenreibung, Luftreibung, Hangabtrieb und Massenträgheit zusammensetzt. Aber auch Umweltbedingungen wie Wind, Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag und Sonneneinstrahlung – eben alle ergebnisrelevanten Faktoren, die sich später im Prüfstand einzeln



simulieren und steuern lassen – werden in Form eines Profils erfasst. Das Sonnenprofil beispielsweise repräsentiert die Einstrahlung zu jedem Testzeitpunkt des Versuchs. Die einzelnen „Teil-Realitäten“ bilden die Ausgangsbasis für eine spätere Substitution des Straßenversuchs im Prüfstand.

„Wir setzen die in der Realität gewonnenen Daten systematisch zusammen und erhalten so im Prüfstand eine künstliche Ersatzrealität. Am Ende gibt es eine Art ‚Prüfchoreographie‘ für bestimmte Versuche, und wir können im Prüfstand per Knopfdruck einen Berg in Südfrankreich simulieren.“

(Roland Kleemann)

Die Prüfstände im EVZ ermöglichen sogar die Simulation von Fahrten mit Anhängern, ohne tatsächlich einen Anhänger hinter sich herziehen zu müssen. Der erhöhte Fahrwiderstand eines Anhängergespans wird über die Prüfstandsrollen dem Antriebsstrang des Fahrzeugs vorgegeben. Eine Kennlinie in Form einer mathematischen Funktion repräsentiert, welcher Widerstand zu überwinden ist, um ein Fahrzeug konstant auf der jeweiligen Testgeschwindigkeit zu halten, und welche Kräfte durch die Prüfstandsrollen zu simulieren sind. Ein Beispiel: Um in der Ebene eine Geschwindigkeit von 80 km/h zu halten, benötigt ein BMW 5er Touring einen ständigen Schub von 430 Newton, um den Roll- und Luftwiderstand zu überwinden. Dasselbe Fahrzeug mit einem zwei Tonnen schweren Anhänger dagegen benötigt einen Schub von 1380 Newton, um konstant mit 80 km/h zu fahren, also rund dreimal so viel. Durch eine umfassende Datenerhebung liegen im EVZ über den gesamten dynamischen Prüfzyklus automatisch die korrekten, spezifischen Fahrwiderstandswerte am Antriebsstrang des zu prüfenden Fahrzeugs an. Und das sogar temperaturkorrigiert, da bei Kälte der Luftwiderstand des Fahrzeugs etwas höher ist als bei Hitze.

In enger Zusammenarbeit mit den Testkunden bildet das EVZ ein Portfolio von über 150 Untersuchungsfahrten ab, die simuliert werden können. Dazu gehören unter anderem Versuche zur Fahrwerksauslegung am Stifser Joch, Bremsentests am Großglockner oder Regentests bei Hochgeschwindigkeit. Gerade bei den Hochgeschwindigkeitsfahrten trägt die Verlagerung in die Prüfstandsumgebung des EVZ auch zur Erhöhung der Personensicherheit bei. Denn Fahrten im Grenzbereich fordern höchste



Konzentration von den Versuchsingenieuren. Im Prüfstand dagegen sitzt der Fahrer selbst bei Höchstgeschwindigkeit sicher im Leitstand und kontrolliert die Messergebnisse.

Auch zukünftige Prüfthemen wurden bei der Methodenentwicklung berücksichtigt. So arbeiten die Prüfmethodeentwickler gemeinsam mit den Fachabteilungen an Zyklen, für die noch keine Datengrundlage vorliegt. Besonders im Hinblick auf die Entwicklung und Absicherung von Hybrid- und Elektrofahrzeugen leisten die Versuchsingenieure der BMW Group hier Pionierarbeit.

Die Synthetisierung von Streckenprofilen – Jetzt wird's effizient.

Mit den entsprechenden Prüfmethoden ist es möglich, im EVZ nahezu jedes Streckenprofil abzubilden und exakt nachzufahren. Der Versuchsingenieur erhält ein Prüfprofil, das genau der gewünschten Fahrt auf der Straße entspricht. Bei einer effizienten Fahrzeugentwicklung zählt jedoch vor allem die schnelle Erreichung des Prüf- und Absicherungsziels. Das ideale Streckenprofil hierfür war eventuell nirgends auf den Straßen dieser Welt zu finden. Hier beginnt der zweite Schritt der Methodenentwicklung: die Synthetisierung von Streckenprofilen. Hinter diesem Begriff verbirgt sich die Vereinfachung und Komprimierung der wesentlichen und versuchsentscheidenden Passagen des eingemessenen Streckenprofils. Das reale Profil dient den Ingenieuren nur mehr als Ausgangsbasis.

„Ziel der Synthetisierung ist es, identische Zustände des Fahrzeugs in kürzerer Zeit zu produzieren. Unwesentliche Teile einer Testfahrt in der Realität werden einfach ‚herausgeschnitten‘.“

(Roland Kleemann)

Auf Basis der Realfahrt gilt es also, ein Profil zu erstellen, das möglichst einfach beschreibbar und reproduzierbar ist, aber mindestens ebenso aussagekräftig. Dazu entfernt man die Abschnitte aus dem Prüfablauf, die keinen Einfluss auf das Ergebnis haben, z.B. Kurven, die nur langsam durchfahren werden können, oder eine Anfahrtszeit zur Vorkonditionierung. Die Komprimierung der Streckenprofile stellt die Ergebnisse bereits nach kürzerer Zeit zur Verfügung und spart wertvolle Ressourcen, da der Prüfstand nicht unnötig in Betrieb ist.



Darüber hinaus ermöglicht das EVZ, die eingemessenen und synthetisierten Profile miteinander zu verbinden, also Eigenschaften verschiedener Teststrecken zu einem einzigen langen Streckenprofil zusammenzufassen.

„Wir entwickeln hier Ersatzprofile, die uns aber schneller an das gesetzte Entwicklungsziel bringen. Wir können völlig neue Teststrecken erstellen, die ein Konglomerat aus anspruchsvollen Streckenabschnitten darstellen: So können wir theoretisch morgens in Norwegen bei Schneetreiben losfahren und schon drei Stunden später die Klimaanlage im Stop-&-Go-Verkehr von Neapel bei sommerlichen Temperaturen testen. In einem Raum, mit einem Auto.“

(Roland Kleemann)

Die Synthetisierung von Streckenprofilen ist jedoch nur ein Teil des Weges zur optimalen Prüfumgebung. Des Weiteren arbeiten die Prüfmethodeentwickler an der Definition von einheitlichen Vorgaben für die Fahrzeugabsicherung, z.B. Belastungs- und Zugkräfte, die versuchs- und baureihenspezifisch gelten sollen. Denn solche Standards stellen die Vergleichbarkeit der Messergebnisse zu realen Straßenversuchen sicher und ermöglichen eine effiziente und valide Absicherung im EVZ.

Von der Straße ins Labor – jetzt aber richtig.

Nach der Datenerhebung, der Methodeneentwicklung, der Synthetisierung der Strecken und deren Implementierung in die Prüfstände werden zuletzt die Methoden validiert. Es wird geprüft, wie zuverlässig die Prüfstände in ihrer Simulation die Teilrealitäten abbilden und dass die Ergebnisse der Straßenerprobung mit denen im Prüfstand übereinstimmen. Erst damit wird der Prüfstand nutzbar.

Das ehrgeizige Ziel ist, bestimmte Umfänge nur noch im Prüfstand zu fahren und nur noch vereinzelt Straßenerprobungen durchzuführen. 80 Prozent aller Prüfumfänge aus den Bereichen thermische Betriebssicherheit, Energie- und Wärmemanagement, Tieftemperatur-Betriebsverhalten, sowie Betriebs- und Funktionsabsicherung bei diversen Umweltbedingungen finden zukünftig in München im EVZ statt.



Visionäre Prüfungen, die Zukunft schon heute im EVZ: Efficient Dynamics – Ladebilanzierung

Auch für zukünftige Entwicklungen im Rahmen der Effizienzforschung birgt die Verlagerung von Straßenerprobungen in den Prüfstand zahlreiche Vorteile. Gerade für die Entwicklung von Einsparmaßnahmen ist ein präzises Prüffeld unbedingte Voraussetzung. Im EVZ sind bestimmte Messungen in bisher ungekannter Präzision möglich. Bei der Ermittlung von CO₂-Emissionen beispielsweise lassen sich nun auch Maßnahmen identifizieren, die für eine Einsparung von bis zu einem Gramm CO₂/km sorgen. Was in den Straßenerprobungen aufgrund der äußeren Einflussfaktoren im Bereich der Messstreuungen lag und deshalb nicht bewertet werden konnte, lässt sich im EVZ nun klar nachweisen. Gerade für die Strategie von Efficient Dynamics ist dies von großer Bedeutung, da sie auch und gerade auf die Summeneffekte vieler kleiner Maßnahmen baut.

Aber nicht nur aktuelle Maßnahmen zur Effizienzsteigerung und Emissionsvermeidung werden im EVZ adressiert, auch Prüfmethode für die Forschungsthemen und Mobilitätsformen der Zukunft werden hier bereits entwickelt. Ein besonders wichtiger Prüfumfang, der bereits heute im Prüfstand gut und präzise darstellbar ist, ist die Ladebilanzierung der Fahrzeugbatterie. Anhand der Ladebilanzierung lässt sich untersuchen, wie sich der Einfluss der unterschiedlichen elektrischen Verbraucher unter bestimmten, klar definierten Bedingungen darstellt. In naher Zukunft liegt hier die Erforschung und Entwicklung neuer Betriebsstrategien, wie dem vorausschauenden Energiemanagement. Hierbei wird das Fahrzeug so konditioniert, dass es je nach Fahrsituation alle Parameter auf höchste Effizienz oder Dynamik ausrichtet. Um Energie zu sparen, soll die Autobatterie beispielsweise nicht sofort geladen werden, wenn sie einen bestimmten Spannungswert unterschreitet, sondern dann, wenn es am sinnvollsten ist, beispielsweise bei der Bergabfahrt oder einer voraussehbaren Bremsung wie vor einer roten Ampel.

Die Ausstattung der Prüfstände und die synthetisierten Versuchszyklen im EVZ ermöglichen es auch in Zukunft, die Fahrzeuge bestmöglich abzustimmen und vorhandene Einsparpotenziale komplett auszuschöpfen. Vor allem langfristig und im Hinblick auf die zunehmende Elektrifizierung sowie Hybridisierung der Fahrzeuge wird dies besonders bedeutsam,



daher entwickeln die Ingenieure bereits spezielle Prüfprofile für Elektrofahrzeuge. Ein Hybridsimulator liefert die Energie für die Antriebsquelle und ist gleichzeitig mit hochsensiblen Messfühlern ausgerüstet, sodass die Ingenieure in Echtzeit den aktuellen Energiebedarf ablesen und entsprechende Rückschlüsse auf die Verbraucher und deren Einfluss ziehen können. Dies ist in dieser Form bisher einzigartig und ein gutes Beispiel dafür, wie auch die zukunftsorientierten Prüfbedarfe der Entwickler aufgenommen und umgesetzt wurden.



5. Nachhaltigkeit bei der BMW Group – Efficient Dynamics = Efficient Testing.

Die BMW Group hat den Anspruch, die Zukunft aktiv mitzugestalten. Als festes Gestaltungsprinzip zukünftiger Prozesse und Abläufe soll dabei vor allem nachhaltiges Handeln einen langfristigen Mehrwert für Unternehmen, Umwelt und Gesellschaft schaffen. Damit hat Nachhaltigkeit im Sinne der BMW Group viele Facetten. Ökonomisch, ökologisch und sozial übernimmt die BMW Group Verantwortung und hat das Thema Nachhaltigkeit als Grundprinzip in der Unternehmensstrategie verankert.

Gerade in einem schwierigen wirtschaftlichen Umfeld ist zukunftsorientiertes Wachstum Voraussetzung, um die Chancen einer Krise langfristig nutzen zu können. Deshalb zählen Wachstum, eine aktive Zukunftsgestaltung sowie der Zugang zu neuen Technologien und Kunden zu den vier strategischen Stoßrichtungen der BMW Group. Für die BMW Group bedeutet das im wahrsten Sinne des Wortes, in die Zukunft zu investieren. Auf diesem Weg konzentriert sich das Unternehmen vor allem auf Profitabilität und langfristige Wertsteigerung. Denn nur nachhaltiges Wirtschaften schafft den Nährboden für nachhaltigen Erfolg.

Die bekannteste und bisher überaus erfolgreiche Produktstrategie der BMW Group zum Thema Nachhaltigkeit ist Efficient Dynamics. Mit dieser Strategie und dem bislang umgesetzten innovativen Maßnahmenpaket gelingt es der BMW Group aufzulösen, was bislang als Zielkonflikt galt: die Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der CO₂-Emissionen bei gleichzeitiger Steigerung von Fahrdynamik und Motorleistung. Diese Strategie sorgt vor allem in der Breite der Fahrzeugflotte für eine deutliche Reduktion von Kraftstoffverbrauch und Emissionen. Das neue Energie- und umwelttechnische Versuchszentrum leistet einen entscheidenden Beitrag zur Weiterentwicklung dieser Strategie.

Efficient Testing – das Energie- und umwelttechnische Versuchszentrum der BMW Group.

Der Grundsatz der Nachhaltigkeit findet seine Anwendung aber nicht nur in der Produktstrategie Efficient Dynamics, sondern auch in der effizienten Gestaltung der Entwicklungsprozesse. Ein wichtiger Schritt in diese



Richtung ist das neue Energie- und umwelttechnische Versuchszentrum der BMW Group (EVZ), das durch ökonomisches, ökologisches und sozial verantwortungsvolles Handeln alle drei Facetten der Nachhaltigkeit widerspiegelt.

Als neuer, wichtiger Prozessbaustein reduziert das EVZ die Entwicklungsdauer durch Zentralisierung und Unabhängigkeit von Jahreszeiten signifikant. Die intelligent zusammengestellte und umfassende Ausstattung ermöglicht außerdem die effizientere Entwicklung zukunftssträchtiger Mobilitätskonzepte. Das EVZ ist eine bewusste Investition in die Zukunft der BMW Group – und damit in die Zukunft der Mobilität.

Die Ökobilanz des EVZ spricht für sich.

Bereits in der Konzeption des EVZ achteten die Projektverantwortlichen konsequent auf den schonenden Einsatz von Ressourcen. Durch die intelligente Architektur und die effiziente Prüfstandsauslegung ermöglicht das EVZ einen ökologisch nachhaltigen Betrieb.

Damit sich im EVZ erstmals nahezu sämtliche Umweltbedingungen wie Sonneneinstrahlung, Hitze, Kälte, Niederschlag und sogar Höhe innerhalb eines Prüfstands realistisch darstellen lassen, sind große Wind- und Kälteanlagen sowie Anlagen zur Simulation von Sonneneinstrahlung oder Niederschlag notwendig. Die Konzeption der Anlage ist dabei auf maximale Energieeffizienz ausgerichtet.

Dieses intelligente Energiemanagement zeigt sich an vielen Stellen der Prüfstandsausstattung im EVZ. Während einer Versuchsfahrt beispielsweise nehmen die Prüfstandsrollen die Antriebsenergie des Fahrzeugs auf und wandeln sie durch einen integrierten Generator in Strom um. Der verbrauchte Kraftstoff wird so in Form von elektrischer Energie wieder nutzbar gemacht. Aktive Rekuperation kommt auch bei den zentralen Gebläsen der Prüfstände zum Einsatz. Beispielsweise bei dynamischen Lastwechseln wird das Gebläse oft in kurzen Abfolgen beschleunigt und wieder abgebremst. Durch Bremsenergierückgewinnung, wie bei BMW EfficientDynamics auch in den Fahrzeugen angewendet, wird bei jedem Bremsvorgang die Bremsenergie in Strom umgewandelt.



„Jeder Prüfstand ist ein kleines Kraftwerk. Sobald ein Prüfstand betrieben wird, wird dort nicht nur Energie verbraucht, sondern auch wieder generiert.“

(Jürgen Engelmann, Leiter Betrieb EVZ)

Die Prüfstände sind besonders aufwendig isoliert und dadurch sehr effizient zu temperieren. Zudem sorgen Rotations- und Abgaswärmetauscher für eine Wärmerückgewinnung aus der abfließenden Wärme von bis zu 75 Prozent. Um Energie nicht nur bestmöglich zurückzugewinnen, sondern erst gar nicht zu viel davon einzusetzen, sind die Transformatoren des EVZ intelligent miteinander vernetzt. Somit sind insgesamt weniger Transformatoren erforderlich, was die Abwärme durch Leerlaufverluste reduziert.

Kälte on demand – Efficient Cooling.

Gegenüber üblichen Kühlsystemen ist die Kühlung der Prüfstände im EVZ besonders raffiniert gestaltet: Hier kommt ein kaskadierendes Kühlkonzept zum Einsatz. Würde man einen zentralen Kältespeicher für alle Temperaturbereiche nutzen, ist die Erzeugung und dauerhafte Bereitstellung von Kälte besonders energieintensiv, denn dabei generiert man einen enormen Kältevorhalt in Form von minus 50° C kalter Sole, auf den man bei Bedarf einfach zugreift. Diesen zu verwalten, erfordert jedoch einen hohen Energieaufwand auch dann, wenn gar keine Kühlung benötigt wird. Im EVZ begegnet man diesem Problem mit dem Prinzip „Kälte on demand“. So wird nur die Kälte zur Verfügung gestellt, die momentan benötigt wird. Je nach Kälteanforderung des Prüfstands werden dann verschiedene Stufen der Kälteanlage aktiv. Der dauerhafte Kältevorhalt wird minimal gehalten und die Kühlung dadurch energieeffizient betrieben.

„Mit dem kaskadierenden Kühlsystem im EVZ erfüllen wir den hohen Anspruch der BMW Group an sich selbst, verantwortungsvoll mit Ressourcen umzugehen.“

(Peter Hoff, Projektplanung EVZ)

Die erste Stufe der kaskadierenden Kühlung nennt sich „freie Kühlung“ und ist permanent aktiv. Hier wird die Umgebungsluft des EVZ zur Kühlung des Prüfstands verwendet. Herrschen zum Beispiel im Prüfstand 35° C, draußen dagegen nur 10° C Grad, kann die kältere Außenluft den Prüfstand ohne großen energetischen Aufwand kühlen. Denn auch ein „warmer“



Prüfstand muss ständig gekühlt werden, um die benötigte Temperatur zu halten. Ab dem Moment, in dem das Fahrzeug unter Last gefahren wird, steigt die Temperatur im Prüfstand. Neben der Abwärme des Fahrzeugs gibt auch das Gebläse einen Teil seiner Antriebsenergie in Form von Reibungswärme ab und heizt die Luft im Prüfstand zusätzlich auf.

Reicht die freie Kühlung nicht mehr aus oder werden tiefere Temperaturen benötigt, tritt die zweite Stufe in Kraft, die „Normalkälte“. Hier schaltet sich, je nach Kältebedarf, eins der beiden Kältemodule hinzu. Erst wenn tiefe Minusgrade erforderlich sind, wird eine weitere Kältemaschine zugeschaltet, deren Betriebsbereich bei sehr tiefen Temperaturen liegt.

Ergänzend zur Kaskadierung der Anlagen verfügt jeder Prüfstand über seinen eigenen Kühlkreislauf. Die individuellen Kühlkreisläufe bedeuten insgesamt weniger Energieverbrauch, da nur kleinere Kühlanlagen in Betrieb genommen werden müssen und nicht immer eine große. Lediglich Umweltwindkanal und Klimawindkanal teilen sich einen Kühlkreislauf, da beide Prüfstände ähnliche Anforderungen erfüllen müssen und selten zur gleichen Zeit hohe Kälteanforderungen haben. Darauf legen die Betreiber des EVZ in der Belegungsplanung besonderes Augenmerk. Die Einführung von Gleichzeitigkeitsfaktoren für zwei Prüfstände ermöglicht eine weitaus bessere Auslastung der Kälteanlagen und lässt diese permanent in einem optimalen Betriebspunkt laufen – allein durch diese Maßnahme konnten zehn Megawatt Energiebedarf eingespart werden.

Auch im Umgang mit Trinkwasser kam das Nachhaltigkeitsprinzip schon in der Planung zur Anwendung. Mindestens 80 Prozent des im EVZ benötigten Wassers ist speziell für industrielle Anwendungen bereitgestelltes Grundwasser, sogenanntes Dükerwasser. Es kommt für jegliche Prozesstechnik, für die Hybridrückkühlwerke auf dem Gebäudedach und im Sanitärbereich zum Einsatz. Nur in den Technikzentralen und in Sozialenbereichen wird aus technischen bzw. hygienischen Gründen kostbares Trinkwasser verwendet.

Die CO₂-Bilanz des EVZ.

Doch nicht nur die Prüfanlagen arbeiten sehr effizient. Durch die Umweltsimulation im EVZ kann nun ein Teil der Versuchsfahrten im Prüfstand stattfinden. Abgesehen von Vorteilen für den



Fahrzeugentwicklungsprozess aufgrund der integrierten und jahreszeitenunabhängigen Prüflandschaft, lässt sich durch die Verlagerung von Versuchsfahrten ins EVZ CO₂ einsparen. Allein der Entfall von Transporten zu Erprobungsstandorten weltweit entspricht in etwa dem Energieaufwand zum Betrieb des EVZ. Zudem entfallen etliche Wiederholfahrten, die häufig bei der Straßenerprobung wegen unzureichend stabiler Bedingungen erforderlich sind.

Darüber hinaus ermöglicht das EVZ aufgrund der laborähnlichen Bedingungen Wiederholversuche mit wissenschaftlicher Genauigkeit. Dadurch kann der Einfluss einzelner Komponenten in einem Detaillierungsgrad, der das Potenzial für weitere energetische Einsparung eröffnet, gezielt untersucht werden. Durch die Genauigkeit der Ergebnisse unter Laborbedingungen lassen sich neue Stellhebel für Einsparungspotenziale aufdecken. Lässt sich, allein durch die Möglichkeiten der neuen Prüfumgebung im EVZ, eine Maßnahme zur Einsparung von nur 0,1 Gramm CO₂/km identifizieren und auf alle Neufahrzeuge applizieren, werden dadurch 80 Prozent der im Jahresbetrieb des EVZ entstehenden CO₂-Emissionen ausgeglichen.

Veränderung der Arbeitsbedingungen – Was bedeutet EVZ für die Mitarbeiter?

Nachhaltig arbeiten heißt bei der BMW Group auch, soziale Verantwortung zu übernehmen. Dies zeigt der Umgang mit den Mitarbeitern der prüfenden Abteilungen. Denn mit der Inbetriebnahme des EVZ geht eine Umstrukturierung der Prüf- und Absicherungslandschaft der BMW Group und damit auch der Arbeitsbedingungen der Testingenieure einher.

Durch die Verlegung vieler Erprobungsfahrten ins EVZ entfallen bisherige Arbeitsbelastungen, wie beispielsweise häufige und aufreibende Reisetätigkeit und die Arbeit unter extremen klimatischen Bedingungen. Im EVZ entstanden darüber hinaus neue, hochwertige Arbeitsplätze für Techniker, die im Rahmen einer Qualifizierungsoffensive innerhalb der BMW Group ausgewählt und weitergebildet wurden.



6. Daten und Fakten: das neue Energie- und umwelttechnische Versuchszentrum der BMW Group.

Baudaten	
Baubeginn	Juni 2007
Richtfest	Juni 2008
Wind an in den Windkanälen	Januar 2010
Einzug der Mitarbeiter	Dezember 2009
Betonmenge insgesamt	16.400 m ³
Betonstahlmenge insgesamt	2.900 t
Fassadenfläche insgesamt	6.850 m ²
Gesamtinvestitionen Gebäude, Technik und Ausstattung	130 Millionen Euro

Gebäudedaten	
Gebäuelänge	51 m
Gebäudebreite	75 m
Gebäudehöhe	22 m
Anzahl Stockwerke	6
Bruttogrundfläche	14.840 m ²

Thermische Windkanäle	
Grundfläche Plenum (Länge/Breite)	13,6 x 10 m
Strömungsverlauf	vertikal
Gebäusedurchmesser	4.750 mm
Gebäusedrehzahl max.	455-518 U/min
Gebäuseleistung	1.500-2.060 kW
max. Windgeschwindigkeit	250-280 km/h
Gesamtvolumen Luftführung	3072 m ³

Höhenprüfstand	
Grundfläche Plenum (Länge/Breite)	12 x 6 m
Strömungsverlauf	vertikal
Gebäusedurchmesser	2.240 mm
Gebäusedrehzahl	1.350 U/min
Gebäuseleistung	900 kW
max. Windgeschwindigkeit	250 km/h
Gesamtvolumen Luftführung	6.000 m ³

Kälteprüfstand	
Grundfläche Plenum (Länge/Breite)	10 x 5 m
Strömungsverlauf	vertikal
Gebäusedurchmesser	1.000 mm



Gebäsedrehzahl	1.760 U/min
Gebälseleistung	110 kW
max. Windgeschwindigkeit	130 km/h

Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an:

Katharina Singer, Technologiekommunikation, Sprecherin Forschung und Entwicklung
Telefon: +49-89-382-11491, Fax: +49-89-382-28567

Internet: www.press.bmwgroup.com
E-mail: presse@bmw.de

