



Mercedes-Benz

## **De nieuwe motorenproductie in de fabriek van Mannheim: de internationale norm voor precisie, efficiëntie en kwaliteit**

### **Persinformatie**

Datum:

17 maart 2011

- **Gietafdeling: designergrondstoffen voor de gegoten onderdelen**
- **Robots stellen de gietkernen uit het fijnste zand samen**
- **Van kunde tot het perfecte procedé: ijzer gieten in Mannheim**
- **Een van de grootste metaalbewerkingmachines ter wereld voor de „5 C“ van vrachtwagenmotoren**
- **De eerste geconstrueerde nokkenas voor zware motoren**
- **Talrijke spectaculaire en unieke procedés voor de metaalbewerking**
- **„Illig-factor“ – de norm voor zuiverheid in de auto-industrie**
- **Montage: motoren bouwen in een zo goed als zuivere ruimte**
- **Motortests met een richtmicrofoon**
- **De fabriek in Mannheim als het middelpunt van een wereldwijd samenwerkingsverbond**
- **De nieuwe productie spaart de omwonenden en het milieu**

Mannheim, 17 maart 2011. Bij de nieuwe motorenproductie in de fabriek van Mannheim staat een compromisloze kwaliteit voorop. Met het oog op de productie van de nieuwe motorengeneratie Mercedes-Benz OM 47x is elk detail in de productie verbeterd. De drie afdelingen – gieterij, metaalbewerking en montage – werken nauw samen. Het gemeenschappelijke doel: motoren met een perfecte kwaliteit bouwen. Met het oog daarop werden in Mannheim meerdere honderden miljoenen euro in een nieuw productiesysteem geïnvesteerd.

### **De „synchrone fabriek“**

In zes dagen moet een Mercedes-Benz motor van de nieuwe generatie alle productiestappen – van vloeibaar ijzer in de gietafdeling over de

### **125! Jahre Innovation**

Daimler Communications, 70546 Stuttgart/Duitsland  
Mercedes-Benz – Een merk van Daimler AG

metaalbewerking tot de montage – doorlopen hebben. Die ambitieuze doelstelling kan alleen bereikt worden als het productieproces perfect georganiseerd is. Daarom heeft de vestiging in Mannheim voor het systeem van de ‘synchrone fabriek’ gekozen. De drie productieafdelingen – gieterij, metaalbewerking en montage – functioneren als een totaalsysteem in een ononderbroken productiestroom waarbij het voorraadniveau nog maar 50% bedraagt van dat bij de oude bouwreeksen.

In dat systeem is er geen plaats voor fouten. Die worden door medewerkers met de best mogelijke opleiding, door het uitgekende productiesysteem, door de beste uitrusting en machines en door een groot aantal statistische kwaliteitscontroles voorkomen. De afdelingen werken overigens niet alleen inhoudelijk, maar ook ruimtelijk nauw samen: de interne bevoorrading volgt de kortste weg.

Door de intensieve voorbereiding wordt van meet af aan topkwaliteit gegarandeerd. De eerste motoren van de nieuwe generatie Mercedes-Benz OM 47x werden al tijdens de voorbije zomer op de Montagelijne gebouwd. In een tweede fase sinds eind 2010 stond de intensieve opleiding van de medewerkers centraal. De serieproductie die nu van start gaat, geldt als voorbereiding op de productie die in het derde kwartaal van dit jaar steil moet stijgen. Nadat alle motoren van de nieuwe bouwreeks ingevoerd zullen zijn, zal de vestiging in Mannheim meer dan 100.000 motoren van die generatie per jaar bouwen.

### **Gietafdeling: designergrondstoffen voor de gegoten onderdelen**

De motorproductie begint in de eigen gietafdeling van de fabriek. De gieterij in Mannheim maakt echter een einde aan de klassieke beelden van gloeiende hitte en extreme arbeidsomstandigheden waarbij gieten als de hoogste kunst van de metaalbewerking geldt. Het gaat hier om een hoogtechnologische productie, om de modernste gieterij ter wereld met de hoogste productiviteit en met het laagste percentage afkeuringen. In tegenstelling tot andere motorenfabrieken is de

gieterij in de vestiging in Mannheim volledig in het productieproces geïntegreerd. In de gieterij worden krukkasten, cilinderkoppen en vliegwielen voor de motoren van de nieuwe generatie gebouwd.

De gietprocedés zijn deels gepatenteerd: samen met hogescholen heeft de gieterij eigen grondstoffen voor de nieuwe motorengeneratie ontwikkeld. Het gietijzer van de krukkast bijvoorbeeld heeft een speciale samenstelling. Die unieke designergrondstof ontstaat alleen in de smeltoven van de vestiging in Mannheim. Ze is nergens te koop en de formule ervan is geheim. De onderdelen die met dat gietijzer geproduceerd zijn, hebben echter wel bijna dezelfde eigenschappen als onderdelen in gietijzer met vermiculair grafiet. Dat laatste materiaal wordt gebruikt voor de cilinderkop die aan heel strenge vereisten moet voldoen.

### **Robots stellen de gietkernen uit het fijnste zand samen**

De extreme precisie in de productie wordt onder andere in de volledig geautomatiseerde vervaardiging van de gietkernen duidelijk. Voor het eerst stellen robots de gietkernen samen – technisch een huzarenstukje. In Mannheim wordt een bijzonder zuiver, stofvrij zand gebruikt, waarvan de korrels een diameter van 0,35 mm hebben (met een tolerantie van 0,02 mm). De gietkernen met bindsystemen op basis van kunsthars bepalen de interne vorm van de gegoten onderdelen, terwijl met klei gebonden zandvormen de buitenste gietvormen bepalen. In Mannheim wordt tot 90% van het zand in het systeem in een gesloten kringloop gebruikt, wat op zijn beurt een referentie is op het vlak van de milieubescherming!

### **Giettemperaturen van ongeveer 1400 °C en rust na het gieten**

Het gieten verloopt grotendeels automatisch en afgescheiden van de lucht en de atmosfeer. De giettemperaturen zijn heel precies vastgelegd: 1395 °C voor de krukkasten en 1450 °C voor de cilinderkoppen. Daarna rusten de gegoten

onderdelen in een eerste afkoelingsfase gedurende minstens vier uur in het zand en in een zandbed – elke andere behandeling zou het materiaal bros maken. Daarna hebben de onderdelen nog een temperatuur van ongeveer 650 °C en worden ze gedurende nog eens 12 uur in de omgevingslucht afgekoeld. Wanneer ze de omgevingstemperatuur bereikt hebben, kunnen ze verder bewerkt worden.

Het oppervlak van de gegoten onderdelen blinkt op dat moment nog niet als metaal, maar is zwart omdat het met een hardun zandlaagje bedekt is. Die kleur ontstaat doordat het kernzand met koolstof vermengd werd opdat het zich tijdens het gietproces niet met het vloeibare ijzer zou verbinden. Het zand wordt in een straalinstallatie met stalen korreltjes verwijderd. In de volgende schoonmaakprocedure worden de enkele bramen op de gegoten onderdelen verwijderd.

### **Kanalen en leidingen zijn al in de cilinderkop ingegoten**

Het loont de moeite om de gegoten onderdelen eens te bekijken. Zo is de cilinderkop van de nieuwe motoren zonder meer de meest complexe cilinderkop in die motorcategorie. In de cilinderkop zijn bijvoorbeeld al retourkanalen voor de olie en de brandstof alsook waterkanalen ingegoten. Daarom vallen er talrijke leidingen weg die gewoonlijk buiten op de motor gemonteerd zijn. Dat vereenvoudigt de montage en zorgt ervoor dat de motor opmerkelijk compact is.

### **Van kunde tot het perfecte proces: ijzer gieten in Mannheim**

Het resultaat van de nieuwe productietechnologie: het gieten is niet langer meer een beheersbare kunde, maar is een heel betrouwbaar proces geworden. Omdat de vestiging in Mannheim de wegbereider op het vlak van de motorenbouw is, werd dat proces ook naar de andere fabrieken van het concern overgedragen. Zo worden bijvoorbeeld de krukkasten van de nieuwe Mercedes-Benz OM 471 met een cilinderinhoud van 12,8 liter in de fabriek Atlantis Foundries in Kaapstad

(Zuid-Afrika) volgens hetzelfde procedé gegoten. Die krukken worden vervolgens naar Mannheim verzonden waardoor ze de onderdelen van de nieuwe motorenfamilie zijn die er de langste reis op zitten hebben.

### **Een van de grootste metaalbewerkingmachines ter wereld voor de '5 C' van vrachtwagenmotoren**

Vlak bij de gietafdeling is de afdeling metaalbewerking ondergebracht. Die afdeling verwerkt 100.000 ton gegoten stukken per jaar en is een van de grootste vestigingen van haar soort in de wereld. Hier worden de essentiële metalen onderdelen bewerkt, die in de Engelse vaktaal als '5 C' aangeduid worden: cilinderkop, nokkenas (camshaft), krukast (crankcase), krukas (crankshaft), drijfstang (connecting rod). Net zoals in de gieterij zijn de productiemedewerkers ook in de metaalbewerking van Mannheim tot de technologische limieten gegaan en bereiken ze extreme productietoleranties. Dat blijkt uit verschillende voorbeelden.

### **De eerste geconstrueerde nokkenas voor zware motoren**

Een van de hoogtepunten in de productietechnologie voor de motoren van de nieuwe generatie is de eerste geconstrueerde nokkenas voor motoren in zware bedrijfsvoertuigen. De scheiding tussen de as en de nokken bij geconstrueerde nokkenassen maakt het mogelijk om de beste grondstoffen voor het onderdeel in kwestie te kiezen en om die op de best mogelijke manier te bewerken. Dat vergt echter een enorme deskundigheid.

De eigenlijke as is niet massief, maar bestaat uit een holle buis om het gewicht te beperken. De voorgewarmde nokken zetten zich uit en worden dan door afkoeling heel precies op hun plaats gekrompen. Dat procedé staat garant voor een extreem vormgesloten en vaste verbinding en voor de hoogst mogelijke precisie. De afwijking van de nokken bedraagt maximaal 2  $\mu$  (1  $\mu$  - 'mu' uitgesproken - is een

duizendste van een millimeter). De geconstrueerde nokkenassen hebben in vergelijking met de gebruikelijke nokkenassen uit één stuk die verspanend bewerkt worden, duidelijke voordelen: ze wegen de helft minder, de productiekosten liggen ongeveer een derde lager, en er ontstaat aanzienlijk minder afval.

### **Talrijke spectaculaire en unieke procédés voor de metaalbewerking**

De afdeling metaalbewerking van de vestiging in Mannheim past nog andere opmerkelijke procédés toe. Bijvoorbeeld de langgatboringen voor leidingen in de cilinderkop: die zijn tot 900 m diep, hebben een diameter van niet meer dan 10 mm, en zijn tot op 10  $\mu$  (een honderdste millimeter dus) nauwkeurig.

In Mannheim wordt de krukas nu voor het eerst in één enkele doorgang geslepen, in plaats van in twee tot nu toe. Omdat de as maar één keer opgespannen moet worden, neemt de precisie aanzienlijk toe. Na de enkelvoudige slijpbeurt hebben de assen een slag van maximum 0,2 mm, waardoor de nabehandeling tot een minimum beperkt blijft.

Een andere opmerkelijke techniek is het plateauhonen van de cilindervoeringen voor de nieuwe motoren. De voeringen worden zoals gewoonlijk met een kruiselingse beweging gehoond (glad gemaakt). In een bijkomende behandeling echter worden de laatste oneffenheden van de gehoonde voeringen met een speciale slijpsteen verwijderd. Ze verkrijgen daardoor een bijzonder glad oppervlak (zoals dat van een plaat) waarin minuscule gleufjes zitten die olie kunnen opnemen. Zulk een oppervlak ontstaat bij klassieke productieprocedés pas tijdens de inlooptijd van een nieuwe motor door de wrijving van de olieschraapveer op de cilindervoeringen. Die sletige inlooptijd valt bij de nieuwe motorengeneratie weg. Bovendien is de olie gelijkmatiger over de cilindervoering verspreid en is het zogenaamde 'vreten' van de zuigerringen uitgesloten. Een ander effect is dat het olieverbruik met ongeveer twee derde daalt.

In de afdeling metaalbewerking kent de productie een hybride verloop dat zowel de transferlijnen als een aantal bewerkingscentra omvat. Die laatste zijn modulair opgebouwd: wanneer de serieproductie van de nieuwe motorengeneratie toeneemt, wordt de capaciteit van die centra voortdurend verhoogd door in bijkomende machines te investeren.

### **Klinische zuiverheid in de volledige productie**

De extreme precisie in de gieterij en montage gaat vergezeld met de hoogst mogelijke zuiverheid. Voor elke nieuwe productiestap wordt elk deel grondig op uiteenlopende manieren gereinigd – gestraald met staalkorreltjes, ultrasoon gereinigd of met vloeistoffen schoongemaakt die met spuitmonden ingebracht worden. Daardoor is de binnenzijde van de grote gegoten onderdelen, zoals een krukkast, even zuiver als de aangeleverde kunststof leidingen. De maximale grootte van de partikels is minder dan 1  $\mu$ . Ter vergelijking: een menselijk hoofdhaar is ongeveer 0,1 mm dik, dus 100  $\mu$ .

### **„Illig-factor“ – de norm voor zuiverheid in de auto-industrie**

Een eigen was- en reinigingslaboratorium controleert en documenteert permanent de haast klinische zuiverheid. Met dat doel voor ogen worden minuscule restvuiltjes verzameld en onder speciale microscopen bestudeerd. Ondertussen is zelfs de ‘Illig-factor’ een bekend gegeven geworden in de industrie (Illig is de naam van de laboratoriumdirecteur in de vestiging van Mannheim). Het gaat om een formule voor de technische zuiverheid van werkstukken die sinds de herfst van 2010 als norm voor de hele auto-industrie geldt en ook in de literatuur van de VDA (de Duitse beroepsfederatie van de auto-industrie) ingang gevonden heeft.

De hoogste zuiverheid is een van de bijzonder strikte kwaliteitsvereisten op de weg naar het einddoel, namelijk nul fouten. Een groot aantal tests voor en na de

verschillende productiestappen maakt daar deel van uit. Dat garandeert dat elk afzonderlijk deel verschillende keren getest wordt. Alle onderdelen gaan voor en na de behandelingen in de gieterij en in de metaalbewerking door zogenaamde kwaliteitspoorten waar intensieve controles uitgevoerd worden.

### **Montage: motoren bouwen in een zo goed als zuivere ruimte**

Precisie en zuiverheid zijn ook twee belangrijke kernbegrippen bij de montage van de nieuwe motorengeneratie. In zaal 150, die in 2007 voor de productie van de nieuwe motorgeneratie opgetrokken werd, heerst constant een lichte overdruk zodat er geen stof van buiten kan binnendringen. De zaal is met sluizen van de receptie- en verzendingsafdelingen gescheiden.

De montage van de motoren verloopt al even doordacht en is op belangrijke punten door de medewerkers mee vorm gegeven: in een zelf ingedeeld proefstation hebben de monteurs in aanwezigheid van de verantwoordelijken voor arbeidsveiligheid en kwaliteitsgarantie een week lang elke dag motoren gebouwd. Het proefstation simuleerde de afzonderlijke stations en in het leersysteem voor de productie werden alle 'tips en trucs' gedocumenteerd. Samen kwam men tot nieuwe wegen voor een in de hele wereld uniek montagesysteem.

Binnen het shopfloor management organiseren de verantwoordelijken en de medewerkers gezamenlijk het dagelijkse werk voor de verschillende Montagelijnen. Elke ochtend komen de productieteams om 7.30 uur samen en bespreken dan de getallen van de vorige dag, eventuele problemen en de indeling van de medewerkers. Om 13.00 uur worden alle onderwerpen besproken die nog niet opgelost zijn. Die werkwijze is ondertussen zowat in de hele wereld de norm geworden.



## **De eerste stap: het identificatieplaatje etsen**

Pag. 9

In de montagezaal 150 glijden de motoren als vanzelf op bestuurderloze transportsystemen van station naar station. De eerste stap in de productie is het zogenaamde etsen: in een cabine wordt het identificatieplaatje van de motor met een naald op de krukkast geëtsd. Daarna begint de montage, van de krukas over de cilinders tot het oliecarter – de krukkast is compleet.

Parallel daarmee verloopt de voormontage van de cilinderkop, met inbegrip van de kleppen. De stations voor de voormontages liggen in een visgraatpatroon onmiddellijk naast de Montagelijijn. De cilinderkop wordt met 36 schroeven op de krukkast gemonteerd. Een volautomatische, meervoudige schroevendraaier met vier assen draait ze in een bepaalde volgorde met een voorgeschreven moment vast.

Nadat de cilinderkop aangebracht is, volgen de nokkenassen en de kleptuimelaars voor de kleppenbediening. Een monteur regelt de kleppenspelings in een in de fabriek zelf ontwikkeld station. Na de montage van de distributie zou de motor mechanisch al kunnen werken. Dan volgen nog de montage van het vliegwiel, de kabelsets, de motorsturing, de filtermodule en de turbolader. Ten slotte wordt de motor voorzien van een transparante laklaag. Alle onderdelen van de nieuwe motorenfamilie glanzen dus in hun oorspronkelijke kleur.

## **De motoren melden zich in de verschillende stations aan**

De techniek ondersteunt de monteurs bij hun werk. Elke motor meldt zich met zijn gegevens zelfstandig in de respectieve werkstations aan. Daarop neemt de monteur de noodzakelijke onderdelen uit een zogenaamd 'Pick-to-light-rek'. Die benaming maakt duidelijk hoe het systeem werkt: de medewerker haalt onderdeel na onderdeel uit het rek tot het groene licht van het

overeenstemmende vak dooft. Op basis van de motorgegevens worden ook het aandraaimoment en de hoek van de schroefverbindingen automatisch ingesteld.

### **Vertrouwen is goed, maar controle ...**

Als er tijdens de montage toch eens een keertje problemen voorkomen, dan meldt de monteur dat met een alarmknop. Als 70 % van de geplande werktijd op het station verstreken is en het probleem nog niet opgelost is, dan biedt een assistent ondersteuning. Problemen worden onmiddellijk ter plaatse opgelost. Een motor uit de lijn weghalen, is onmogelijk.

Binnen de montage zijn talrijke kwaliteitscontroles voorzien. Elke motor wordt tijdens de productie meerdere keren onder de loep genomen. Op het einde van elke lijn loopt de motor door een kwaliteitspoort die van opvallende zuilen voorzien is. Daar wordt de motor door twee monteurs gecontroleerd volgens het principe dat vier ogen meer zien dan twee. De dichtheid van de motor en het elektrische systeem worden gecontroleerd. De krukas wordt zelfs rondgedraaid terwijl daarbij de wrijving gemeten wordt.

Bij de kwaliteitspoorten controleren de medewerkers de motoren aan de hand van verschillende lijsten. Zo zijn er in de eerste plaats de algemene controlelijsten voor elke poort. Is bij de OEM of bij een klant echter een fout opgetreden, dan wordt elke gebouwde motor zolang op dat punt gecontroleerd tot die fout drie weken lang niet meer voorgekomen is. Als er in een afzonderlijke motor een fout voorkomt, dan wordt de reparatie daarvan nog eens gecontroleerd. Tijdens de opstart van de serieproductie van de nieuwe motorengeneratie controleren experts zelfs het opsporen van fouten: ze bouwen gericht kleine fouten in en controleren of die opgemerkt worden.

Tot slot worden alle motoren op een testbank getest. In de montagehal is daarvoor een testzone met acht testcellen ingericht. De motor wordt koud en warm getest. Bij een motor van onberispelijke kwaliteit duurt de volledige test daardoor minder dan tien minuten. Dit is ook de eerste keer dat de koude- en warmtetest voor zware motoren in een testbank gecombineerd worden. Om eventuele fouten te lokaliseren, worden zelfs de mechanische trillingen van de motoren met richtmicrofoons gemeten.

Op het ogenblik wordt de montage in zaal 150 nog klaargemaakt voor de start van de serieproductie. Wanneer die fase eind 2011 afgesloten is, zal Mannheim de modernste montagevestiging voor motoren ter wereld zijn.

## **Perfekte logistiek bij de verzending van de motoren**

Ook bij de verzending van de motoren staat alles in het teken van de hoogste efficiëntie. De verzendafdeling ligt onmiddellijk naast de montagezaal. Het vrachtwagenspoor ligt daar dieper zodat de verzending op één niveau verloopt. Daardoor zijn in vergelijking met vroeger nog maar een fractie van de hefbewegingen met vorkheftrucks nodig, terwijl de vorkheftrucks minder afstanden moeten afleggen. De verzending gebeurt volgens een perfecte logistiek: daardoor kon de doorlooptijd van twee dagen tot nog maar vier uur verminderd worden. Labels op de afgewerkte motoren vermelden het precieze uur van de verzending.

## **De vestiging in Mannheim als het middelpunt van een wereldwijd samenwerkingsverbond**

De vestiging in Mannheim is de belangrijkste productie-eenheid ter wereld voor de zware motoren van Daimler Trucks. Ze stuurt alle logistieke en

kwaliteitsprocessen binnen het productienetwerk en garandeert op die manier de kwaliteit en de beschikbaarheid van de onderdelen in het volledige net. In Mannheim worden de productie- en kwaliteitsnormen vastgelegd, alsook de procedés en de installatietechniek. Nog in Mannheim wordt het regionale leveranciersmanagement gecoördineerd.

De fabriek is het middelpunt van de internationale motorenproductie van Daimler Trucks. Mannheim bouwt alle exemplaren van de nieuwe motorengeneratie van Mercedes-Benz, plus de motoren voor Fuso in Japan. Detroit Diesel in de VS beschikt over een eigen montageafdeling voor Noord-Amerika.

De nieuwe motorengeneratie ontstaat in een fascinerende internationale samenwerking: na de start van de serieproductie van de motoren voor Mercedes-Benz zal de fabriek in Mannheim alle cilinderkoppen, nokkenassen en vliegwielen produceren. Daarnaast vervaardigt Mannheim ook de motorblokken voor de Mercedes-Benz OM 47x alsook de krukassen voor de motoren van Mercedes-Benz en Fuso. De krukkasten voor een gedeelte van de motorenfamilie komen uit de fabriek Atlantis in Kaapstad (Zuid-Afrika), ook een onderdeel van het concern. De drijfstangen voor alle zware motoren van de nieuwe generatie worden in de VS vervaardigd.

### **De fabriek in Mannheim: het beste uit drie werelden**

De fabriek in Mannheim doet haar voordeel met de intensieve, internationale samenwerking. Vergelijkingen tussen de Montagelijnen in Noord-Amerika en Mannheim dragen tot de kwaliteitsverbetering bij. Voortdurend worden ervaringen tussen de continenten uitgewisseld: als er op een continent een probleem opduikt, worden de twee andere continenten onmiddellijk op de hoogte gebracht en experts uit de drie continenten spannen zich in om een oplossing te vinden. Wegens het tijdsverschil worden er 's ochtends videoconferenties met Fuso in Japan gehouden, en 's avonds met Detroit Diesel in de VS.

Ieder doet zijn voordeel met de ervaring van de anderen. Het shopfloor management voor de Montagelijnen in Mannheim bijvoorbeeld komt oorspronkelijk uit Noord-Amerika. Uit Japan heeft men het compromisloze kwaliteitsdenken overgenomen. Zo besproeit men in Japan nieuwe motoren gedeeltelijk met een witte kalkspray, waarna men die verscheidene uren laat draaien om lekken op te sporen. In een land waar de vrachtwagenbestuurders dagelijks de cabine kantelen om de motor visueel te controleren, wordt zelfs een scheef gemonteerd schildje als een tekortkoming beschouwd. Bij de nieuwe motorengeneratie van Mercedes-Benz voldoet ook het lakwerk aan de hoogste vereisten.

### **De nieuwe productie spaart de omwonenden en het milieu**

In de nieuwe indeling van de motorenproductie in Mannheim liggen de gieterij, de metaalbewerking, de montage en de verzending dicht bij elkaar. Dat is een van de voorwaarden voor de hoogst mogelijk efficiëntie en kwaliteit. Elke afdeling past daarnaast ook de modernste productieprocedures toe. De motorenfabriek in Mannheim is echter geen eiland: de fabriek grenst bijvoorbeeld aan een woongebied. Daarom staan de gebouwen van de motorenproductie in een L zodat ze een geluidsscherm voor de buurt vormen. De gebouwen hebben langs de kant van het woongebied geen vensters die open kunnen – de bescherming van de omwonenden stond bij de reorganisatie van de productie hoog op het prioriteitenlijstje.

### **Werken in een zee van frisse lucht**

Op veel plaatsen wordt de aandacht die aan de milieubescherming en de kostenbeheersing besteed is, duidelijk. In de montagehal 150 werken de monteurs in een ‘zee van frisse lucht’: zuilen met een hoogte tot 2,5 meter staan in voor de verluchting. Dat procedé garandeert niet alleen een prettige

temperatuur, maar vermindert het energieverbruik voor verwarming en verluchting ook nog met een derde.

Pag. 14

Ook het bijzonder hoge hergebruik van het kernzand in de gieterij is een voorbeeld van de intelligente koppeling van milieubewustzijn en kostenbeheersing: 92% van het materiaal wordt opnieuw gebruikt.