

# ABSCHLUSSBERICHT des PROJEKTPARTNERS

## WEIMA Maschinenbau GMBH



### zum Verbundprojekt

Förderkennzeichen : 01RK9906/0

„Aufbereitung komplexer Baugruppen aus Alt-Kfz's  
durch identifizierende Verfahren“

Koordination und Interne Projektleitung:

WEIMA Maschinenbau GMBH  
Plastics Division  
H.-P. Fischer  
Marketing Director  
D-74360 Ilsfeld / Germany  
Telefon:+49-(0)7062-9570-21  
Telefax:+49-(0)7062-9570-92  
Mail: [peter.fischer@weima.com](mailto:peter.fischer@weima.com)

# INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung
  - 1.1. Aufgabenstellung/Ziel
  - 1.2. Aufgabenverteilung im Projekt
  - 1.3. Aufgabenstellung WEIMA Maschinenbau GMBH
  - 1.4. Koordination und Abstimmung innerhalb des Projektverbundes
  
2. Inhalt und Ergebnisse der Voruntersuchungen
  - 2.1. Vorauswahl der Zerkleinerungstechnik
  - 2.2. Aufstellung der Zerkleinerungsmaschinen für Vorversuche
  
3. Auswertung der ersten Untersuchungen der verfahrenstechnischen Möglichkeiten
  - 3.1. Abstimmung des Zerkleinerungsaggregates auf nachfolgende Peripherie
  - 3.2. Herstellung und Entwicklung von geeigneten Messertechniken
  - 3.3. Herstellung und Optimierung von Sieben am Zerkleinerer
  
4. Ermittlung des Massenstroms je Fraktionstyp bei ZMK 40
  - 4.1. Bewertung des Einzugs- und Schneidverhaltens bei ZMK 40
  - 4.2. Optimierung der Zerkleinerungsergebnisse durch Lochsiebe mit Nachbrechleisten
  - 4.3. Aufstellung der optimierten Zerkleinerungstechnik in Pilotierungshalle/Zwickau
  
5. Betreuung im Betrieb der Pilotanlage in Zwickau
  - 5.1. Zielumsetzung und Ergebnis aus der Versuchsanlage
  - 5.2. Bewertung der Zerkleinerungsergebnisse und Schneidtechniken
  
6. Zusammenfassung und Perspektiven für die Zukunft.

# 1. EINLEITUNG

Der stetig steigende Kraftfahrzeugbestand in Deutschland und der Anteil der im Automotive-Bereich verwendeten Kunststoffe, welcher ebenfalls stetig wächst, erfordert neue Technologien und Wiederverwendung der recycelbaren Kunststoffe und Bauteile aus Alt-Kfz.

Experten gehen davon aus, dass der Anteil an Kunststoffen im Fahrzeugbereich im Zeitraum 2000 bis 2010 um mindestens 25 % zu bisherigen Anteilen steigen wird.

Die stoffliche Verwertung dieser Bauteile gewinnt somit, auch auf der Grundlage neuer Verordnungen, an größerer Bedeutung. Die sortenreine Trennung der Kunststoffe und metallischen Teile kann bislang nur durch händische Demontage erreicht werden und diese Methode ist unwirtschaftlich.

Innerhalb des Projektes sollte nun eine automatisierte, schnelle, bzw. effiziente und hochwertige Sortierung von Kunststoffen erzielt werden, wobei die händische Demontage der einzelnen Bauteile soweit wie möglich reduziert wird oder entfallen kann.

Um nun bereits bestehende Verfahren mit höherer Effizienz zu entwickeln und zu untersuchen, wurde im Rahmen dieses BMBF – Projektes eine neue Technologie entwickelt und in Probetrieb genommen.

Die hauptsächlichen Arbeitsschwerpunkte waren für WEIMA Maschinenbau im Wesentlichen :

- Untersuchung der verfahrenstechnischen Möglichkeiten mit herkömmlichen Zerkleinerungsaggregaten und der Selektiv-Zerkleinerung mittels Shredderung.
- Abstimmung der Zerkleinerungs-Systeme auf nachfolgende Peripherie Anlagenkomponenten hinsichtlich Partikelgröße, Feingutanteil und Wiederverwendbarkeit des geschredderten Materials
- Überprüfung der unterschiedlichen Zerkleinerungsmethoden (Einwellen-Zerkleinerer, Zweiwellen-Zerkleinerer und Vierwellen-Zerkleinerer) in Abhängigkeit zu den zur Wiederverwertung verwendbaren Bauteilen.
- Integration des Zerkleinerungsmoduls in die Gesamtanlage und Verknüpfung der Steuertechnik sowie der Fördertechnik zu nachfolgenden Anlagenbauteilen.
- Mitwirkung an der FE-/NE-Separierung durch Aufschluss-Zerkleinerung
- Untersuchung des Verschleißverhaltens der einzelnen Zerkleinerungstechniken und Betrachtung der Wirtschaftlichkeit, sowie des Investitionsumfanges.

## 1.1 Aufgabenstellung / Ziel

Hauptziel war die Entwicklung eines Verfahrens zur sortenreinen Kunststofffraktionierung und somit das Aufbereiten von Baugruppen von Alt-KFZ's, welche aus partiellen Demontagen resultieren und hohen Anteil an Kunststoffen besitzen. Insbesondere wurden hier innerhalb dieses Projektes nachgenannte Materialien ausgewählt und hinsichtlich der Zerkleinerung für die folgende effiziente Kunststoffsortierung untersucht.

Das Zerkleinern der folgenden Bauteile war in diesem Projektabschnitt Voraussetzung für eine Vorab-Beurteilung hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und universeller Eignung einer Technik und Verfahrenstechnologie.

Zur Zerkleinerung vorgesehen wurden :

- Shredderleichtfraktion
- Mischkunststoffe (auch Stoßstangen mit GFK Verstärkung)
- Ansaugkrümmer PA 66 (30 5 GF-Anteil)
- Autodachhimmel
- Automobilteppichboden
- Frontends PP/GFK
- Ausgleichsbehälter Kühlwasser
- Instrumententafeln aus PKW
- Mittelkonsolen aus PKW
- Kunststoffverkleidungen aus PKW
- Tür-Innenverkleidungen
- Scheinwerfer und Befestigungsteile
- Kotflügel aus Kunststoff
- Hutablagen und Kofferraumabdeckungen
- Fensterdichtungen (EPDM Gummi)
- KFZ Tanks PE

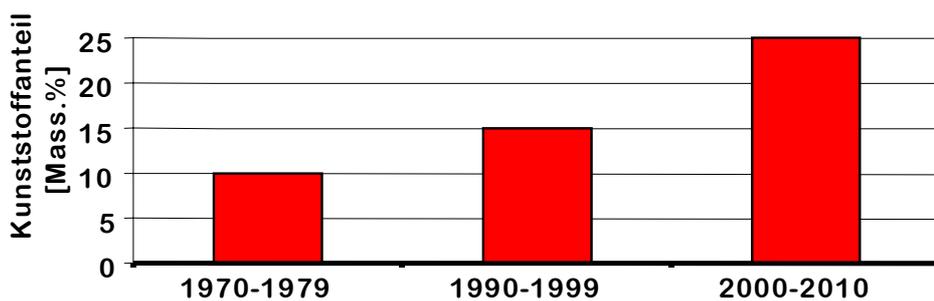


Abb.: Gewichtsmäßiger Kunststoffanteil in PKW's

Abb.: 1

Die vorstehende Abbildung (Quelle: DaimlerChrysler) zeigt den bisherigen und den zu erwartenden gewichtsmäßigen Kunststoffanteil in PKW's und verdeutlicht den Stellenwert des stofflichen Recyclings und des Wertschöpfungspotentials. Ziel ist es also, die recycelbaren Kunststoffe erneut in Bauteilen wieder einsetzen zu können und den Anteil der Kunststoffe, die bislang nicht stofflich verwertet werden, wesentlich zu vermindern, bzw. die Kunststoffe wieder in den Stoffkreislauf zu integrieren und nicht einer thermischen Verwertung zuzuführen.

## 1.2 Aufgabenverteilung im Projekt

Die enorm komplexe Aufgabenstellung erforderte eine Forschungs- und Entwicklungsarbeit in einem Projektverbund der nachfolgend genannten Partner mit den entsprechenden Arbeitsschwerpunkten und Inhalten, sowie deren planerischen Koordination. Voraussetzung für die konsequente Umsetzung der dabei resultierenden Erkenntnisse war auch die Kommunikation zwischen den Projektpartnern .

Die Koordination und Projektleitung innerhalb des Gesamtvorhabens hat das Forschungszentrum ULM der DaimlerChrysler AG, Projektleiter Dr. Matthias Schmidt freundlicher Weise übernommen. Wir wollen uns hier auch für die hervorragende Leistung und Unterstützung der DC AG und bei Herrn Dr. Schmidt und seinen Mitarbeitern Herrn Stollberg und Herrn Kurzberg bedanken, ohne deren engagierte Mithilfe die entsprechenden Erkenntnisse in diesem Umfang hätten nicht gewonnen werden können.

**Partner für die Bereitstellung der Kunststoffmaterialien und deren Bewertung nach der Zerkleinerung waren die Automobilhersteller**

- DaimlerChrysler AG, Forschungszentrum Ulm (DC AG)
- Bayrische Motoren Werke, Forschung & Recycling München (BMW AG)
- Ford Werke AG, Köln (Ford)

**Partner für die Handhabtechnik VOR und NACH Sensorik**

- Steremat Montageautomatisierung GmbH & Co. KG, Berlin (Steremat)

**Partner für Sensorik zur Materialerkennung**

- Laser Labor Adlershof e.V., Berlin (LLA)

**Partner für Materialaufbereitung, Materialverwertung und Materialbereitstellung der sortierten Teilmengen**

- Polymerchemie GMBH, Bad Sobernheim

**Partner für die Teilereinigung, Entlackung und Störstoffentfrachtung**

- DaimlerChrysler AG, Forschungszentrum Ulm in Zusammenarbeit mit Zulieferern

**Partner für die Zerkleinerung von vorgegebenen Bauteilen aus der Automobilindustrie auf entsprechend verwendbare Fraktionsgrößen**

- WEIMA Maschinenbau GMBH, Ilsfeld

### 1.3 Aufgabenstellung WEIMA Maschinenbau GMBH

Als der führende Hersteller von nahezu allen bekannten und industriellen Zerkleinerungsaggregaten und Schneid- bzw. Maschinentechniken wurde WEIMA GMBH mit in das Projekt integriert.

Hintergrund war, dass möglichst alle Arten der bereits bestehenden und anerkannten Zerkleinerungstechniken innerhalb des Projektes bei den verschiedensten Aufgabenstellungen zum Einsatz kommen können und entsprechende Vergleiche innerhalb der Techniken stattfinden.

Dies bezieht sich auf die nachfolgend genannten Schneid-Maschinentechniken zur Zerkleinerung, die als Standard Zerkleinerer vielfach bewährt in der Industrie Verwendung finden:

- Einwellenzerkleinerer der Serie WLK 4 - 25 (Universalzerkleinerer)
- Zweiwellenzerkleinerer der Serie ZMB 4612 - 4690 (Rotorschere ohne Sieb)
- Vierwellenzerkleinerer der Serie ZMK 30 - ZMK 50 (Rotorschere mit Sieb)
- Schneidmühlen der Serie SMW 300 - SMW 1200 (für Granulatgröße)

Gemäß den gemeinsamen Vorgaben stellte WEIMA aus der jeweiligen Zerkleinerungstechnik mindestens eine Maschine dem Projekt und den durchzuführenden Versuchen zur Verfügung. Die Maschinen der verschiedenen Baureihen wurden für das Projekt mit unterschiedlichsten Ausstattungs- und Optionierungsvarianten im Technikum bei WEIMA vorgehalten und zur Nutzung bereitgestellt.

Hierbei soll die geeignetste Technik hinsichtlich der Selektivzerkleinerung gefunden und optimiert werden. Gleichfalls ist die einfache Bedienung und Beschickung der Maschinen, sowie das Schneid- und Zerkleinerungsverhalten bei unterschiedlichen Kunststoffen zu realisieren, sodass möglichst einheitliche Partikelgrößen unabhängig vom Aufgabegut erzielt werden können.

Die möglichst einheitliche Partikelgröße nach der Zerkleinerung ist Voraussetzung für die schnelle und wirtschaftliche Sortierung und Identifikation der Kunststoffteile.

Die Untersuchungen galten hierbei auch den dem Verschleiß unterliegenden Werkzeugen (Rotormessern), sowie der Maschinenteknik im Blick auf Investition und Wirtschaftlichkeit der Zerkleinerungsanlage bei universellem Einsatz, bezogen auf Bauteilgröße und Art des Bauteiles.

Letztlich soll die der Aufgabenstellung angepasste Zerkleinerungsmaschine als Einzelkomponente in das Gesamtverfahren durch Technologieverknüpfung problemlos zu integrieren sein.

#### 1.4 Koordination und Abstimmung innerhalb des Projektverbundes

Das Verbundprojekt und die Projektarbeiten wurde vom BMBF gefördert und unter der Kontrolle und Mitarbeit des Projektträgers DLR (Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt, Projektträger Umwelttechnik, Bonn) durchgeführt. Dabei wurden die für diesen Bereich bestehenden Formvorschriften beachtet und eingehalten.

Basierend auf gemeinsam erstellten Projektplänen und quartalsweise ausgetauschten Projektberichten, sowie Projektmeetings der Projektpartner, wurden die Arbeitsschritte realisiert. Die inhaltliche und fachliche Führung wurde durch DC, Herrn Dr. M. Schmidt, übernommen und Erkenntnisse wurden auch bilateral zwischen den Projektpartnern direkt ausgetauscht.

Projekttreffen bei den beteiligten Partnern wurden im Wechsel ausgeführt und somit konnten sich die Beteiligten auch Vorort von den Partnern und deren herzustellenden Komponenten für das Gesamtverfahren informieren und in der Praxis beurteilen.

Die für WEIMA Maschinenbau GMBH vorgesehenen Tätigkeiten gemäß dem Arbeitsplan können in vier wesentliche Hauptabschnitte gegliedert werden.

- A) Vorbereitung und Abstimmung mit den beteiligten Projektpartnern und Abstimmung der Arbeitsinhalte (KICK -OFF- MEETING).  
Laufender Informationsaustausch zwischen den Projektpartnern.
- B) Vorbereitung und Abstimmung WEIMA-intern mit Technikern und Mitarbeitern.  
Ablauf und Organisation von Probe- und Versuchsmaterialien aus Alt-KFZ's für Zerkleinerungsversuche. Bereitstellung von unterschiedlichsten Probematerialien durch DC und BMW.  
Bewertung der Materialien und deren Verhalten bei der Zerkleinerung.
- C) Auslegung von unterschiedlichen Zerkleinerungstechniken, sowie Aufbau und Bereitstellung von Versuchsmaschinen für die Zerkleinerungsversuche. Aufbau und Inbetriebnahme der Zerkleinerungseinheit WLK mit hydraulischer Andrückvorrichtung. Durchführung von Zerkleinerungsversuchen und Verwendung verschiedener Schneidtechniken für diesen Maschinentyp.  
Aufbau von Zwei - und Vierwellenzerkleinerern mit zu optimierenden Schneidwerken und Einzugschaken.
- D) Musterbau einer Pilot-Zerkleinerungsanlage für den Probetrieb in der Gesamtanlage in Zwickau. Erprobung der Pilotanlage im realen Dauerbetrieb und Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Zerkleinerungsanlage. Auswertung von Verschleiß an den Zerkleinerungswerkzeugen und Sieben zur Partikelgrößen-Bestimmung.  
Parallele Umsetzung der erlangten Erkenntnisse in eine Serienreife Zerkleinerungsmaschine für wirtschaftliches und Anwendungsorientiertes Maschinenkonzept als Ergebnis des FuE-Projektes.

## 2. Inhalt und Ergebnisse der Voruntersuchungen

### 2.1 Vorauswahl der Zerkleinerungstechnik

Zerkleinerungssysteme, deren Einsatzmöglichkeiten, Ausführungen und Funktionsweisen

Allgemeines zu den Unterschiedskriterien

Aufgrund der Vielfalt der zu zerkleinernden Materialien wird vom Zerkleinerungsaggregat zunächst eine hohe Flexibilität gefordert. Weiter wird als Unterschiedskriterium neben den verwirklichten Beanspruchungsmechanismen, wie Schnitt, Prall etc., die Einteilung nach erzielbaren Korngrößenbereichen des zu zerkleinernden Aufgabegutes festgestellt, bzw. gefordert. Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit der einzusetzenden Zerkleinerungstechniken sind hier ebenfalls Maßstäbe festzulegen und zu betrachten. Gleichzeitig muss die Zerkleinerungstechnik möglichst über automatisierte Steuerung und Bestückungsmöglichkeit verfügen, ohne dass laufende manuelle Hilfe durch Bedienpersonal in Anspruch genommen werden muss.

Zunächst unterscheidet man jedoch in verschiedene Bereiche:

- Vorzerkleinerung ohne definierte Stückgröße mit einer Stückgröße nach der Zerkleinerung  $> 150$  mm
- Grobzerkleinerung mit homogener Stückgröße mit einer Chip-Stückgröße nach der Zerkleinerung  $> 20$  mm
- Nachzerkleinerung mit homogener Stückgröße zum direkten Weiterverarbeiten mit klar definierter Korn-/Granulatgröße  $> 3$  mm
- Fein- bzw. Feinstzerkleinerung bis zur Pulverisierung mit einem Mahlgut / Korngrößenspektrum  $< 1$  mm

Diese Größenverteilung/Einteilung begründet verschiedene grundsätzliche Zerkleinerungstechniken und Ausführungen der Zerkleinerungsmaschinen in:

Maschinen zur Vorzerkleinerung = Vorbrecher oder Rotorscheren (zumeist Zwei-Wellen-Zerkleinerer mit Durchsatzleistungen von 100 kg/h bis zu mehr als 50 Tonnen /Stunde. Langsam laufende Rotoren. Drehzahlbereiche von 10 - 40 U/min.

Maschinen zur Grobzerkleinerung = Grobzerkleinerer oder auch SHREDDER genannt, die sowohl Vier-Wellen oder Ein-Wellen Zerkleinerungstechniken mit relativ langsam drehenden Rotoren (50-110 U/min.), mit dem Rotor und nachgeschaltetem Sieb darstellen. Erst der Einsatz eines Siebes ermöglicht hier eine homogene oder definierte Stückgröße bei der Zerkleinerung zu erhalten. Eine Zwei-Wellen Technik kann hier am Rande noch erwähnt werden, sofern die Definition der Stückgröße im Bereich der Grobzerkleinerung als zweitrangig angesehen werden kann. Die Zwei-Wellen-Technik kann nicht mit einem Sieb ausgestattet werden<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> In Ausnahmefällen kann Sie mit einem Gabelsieb nachgerüstet werden (abhängig von Einsatzzweck)

Maschinen zur Nachzerkleinerung = Schneidmühlen oder Granulatoren genannt, die mit einer Rotorwelle und Messerplatten ausgerüstet sind und nach dem Scherenschnitt Prinzip arbeiten und gleichzeitig über hohe Rotordrehzahlen die erforderlichen Schnittgeschwindigkeiten erreichen, um echte Granulatgrößen zu erzielen. Auch hier ist dem Rotor ein Sieb nachgeschaltet, welches nur Material, das die gewünschte Größe erreicht hat, durchlässt; das noch zu große Stückchen/Chip bleibt solange im Schneidprozess/Mahlraum bis es die gewünschte Größe erreicht hat.

Maschinen zur Feinstzerkleinerung = Mühlen oder Pulvermühlen genannt, die meistens mit zwei gegeneinanderlaufenden Scheiben das Mahlgut feinst zermahlen oder pulverisieren. Die Feinstvermahlung findet oft dabei noch unter Zufuhr von flüssigem oder gasförmigem Stickstoff statt.

Auf weitere Arten von Zerkleinerungstechniken wie: Sägen, Guillotinen, Hammermühlen und anderen wird nicht weiter eingegangen, da diese nur am Rande und nur noch in besonderen Fällen eingesetzt werden.

#### Maschinen zur Grobzerkleinerung

Die Handhabung von großvolumigen, unhandlichen Kunststoffreststoffen wird durch eine Grobzerkleinerung erleichtert. Hierbei wird das zu verarbeitende Material zumindest bis auf Handtellergröße zerkleinert. Je nach zu verwirklichender Verwertungsart ist diese Zerkleinerung schon das angestrebte Ziel oder erst ein Zwischenschritt. Eine zweistufige Anlage erscheint oft sinnvoll .

Eine Grobzerkleinerung gemischter Kunststoffreststoffe mit einem erhöhten Anteil an metallischen Fremdkörpern und anschließender Entmetallisierung, trägt zur Verschleißminderung der Schneidmesser von nachgeschalteten Aggregaten bei und ist immer anzuraten.

#### Shredder, Schneidwalzenmühlen

Shredder, Einwellenzerkleinerer mit hydraulischer Andrückvorrichtung, Zweiwellenzerkleinerer, Doppelwellenschneider, Rotorscheren und auch Zerkleinerer oder Universal-Zerkleinerer genannt, sind für die Grobzerkleinerung von dickwandigen, bzw. großvolumigen Materialien wie, Blasformteilen, Flaschen, Gebinden, gepressten Folienballen, Kisten u.a. konzipiert. Blöcke aus Kunststoff, z.B. Anfahrkuchen sollten jedoch nur auf Einwellenzerkleinerern geshreddert werden. Die Vorzerkleinerung von Altreifen wird mit den besonders schwereren und dafür speziell konstruierten Ausführungen von Rotorscheren (Zweiwellenzerkleinerern) durchgeführt werden müssen.

Einwellenzerkleinerer oder Universalzerkleinerer sind die vom Grundprinzip her aus der Holzindustrie stammenden Schneidwalzenmühlen. Aufgrund fehlender Normung werden diese Mühlen auch mit unterschiedlichen Begriffen wie Shredder, Schneidwalzenmühlen, Hacker oder Langsamläufer bezeichnet. Durch Modifizierungen der Aufgabenstellung angepasst, haben sich diese Zerkleinerer in den letzten Jahren bei der Zerkleinerung von Kunststoffreststoffen bewährt und im Markt durchgesetzt und heute wohl den größten Marktanteil und Nutzwert .

Eine spezifische Messeranordnung wird hier von am Umfang des Rotors aufgeschraubten Messern verwirklicht. Diese sind mehrfach wendbar und ermöglichen einen schnellen Austausch. Ähnlich herkömmlichen Schneidmühlen mit geschlossenen Rotoren und segmentierten Messern, schneiden diese Einwellenzerkleinerer mit geringer Umfangsgeschwindigkeit und einer großen Anzahl kleiner Schneidflächen das Material. Ein homogenes Mahlgut wird erzielt mit einem verfahrensbedingt geringen Staubanteil. Der Zerkleinerungserfolg ist weitgehend abhängig vom Rotor und dessen spezieller Form- und Profilgebung wie ebenso von der Messeranordnung, der Form und Größe der Messer und der Rotordrehzahl. Weitere technische Details im Hinblick auf Rotor / Messer und Siebgestaltung haben Auswirkung auf das Zerkleinerungsergebnis und die vielfältigen universellen Einsatzmöglichkeiten.

Maschinen zur Fein-, bzw. Feinstzerkleinerung (innerhalb des Projektes nicht verwendbar)

Granulierte thermoplastische Kunststoffe werden fein, bzw. feinst vermahlen, um sie vor der Weiterverarbeitung zum Endprodukt mit Füllstoffen, Pigmenten, Weichmachern oder sonstigen Zuschlagsstoffen innig zu vermischen und sie anschließend extrudieren zu können. Die an das Endprodukt gestellten Qualitätsanforderungen können so gezielt eingestellt werden. Ebenso ist eine Feinvermahlung erforderlich, um eine rasche und stippenfreie Plastifizierung, durch Vergrößerung der spezifischen Oberfläche günstige Trocknungseigenschaften oder ein schnelleres und gleichmäßiges Auflösen in Flüssigkeiten zu erreichen. Ausschlaggebend für den Erfolg der Vermahlung ist eine Reduzierung der Mahlwärme durch eine kurze Verweilzeit des Produktes in der Mühle und gegebenenfalls eine zusätzliche Kühlung durch einen intensiven Luftstrom.

Entscheidende Voraussetzung für eine wirtschaftliche Feinzerkleinerung von Kunststoffen ist eine genügend kleine Aufgabegröße des Mahlgutes und eine Mahlbarkeit bei Normaltemperatur. Einige Kunststoffe lassen sich bevorzugt bei tiefen Temperaturen unter Einsatz von flüssigem oder gasförmigem Stickstoff vermahlen. Dabei können Feinheit und Durchsatzleistung gesteigert werden.

In der Regel kämmen zwei parallel gelagerte Schneidwellen mit unterschiedlichen Drehzahlen ineinander, so dass ein gutes Einzugsverhalten und ein gegenseitiger Abstreifeffekt entsteht. Es werden aber auch Ausführungen mit vier oder sechs Schneidwellen angeboten. Bestückt sind diese Schneidwellen mit hochfesten Reißmessern, welche einzeln auf die Wellen aufgeschoben werden und somit bei Bruch separat auswechselbar sind. Die Materialzufuhr erfolgt direkt manuell oder über Förderbänder. Die Reißzähne erfassen das Material, zerkleinern es durch Schneiden, Reißen oder Brechen in handtellergröße, manchmal streifenförmige Teile und drücken es durch die zwischen den Wellen befindlichen Spalte. Durch das unter den Wellen angeordnete Sieb verlässt das Mahlgut dann den Schneidraum. Automatischer Überlastschutz und Reversierschaltung gehören zur Standardausrüstung dieser Maschinen.

Wenn die Schneidwalzen nach einer eingestellten Anzahl von Reversiervorgängen nicht störungsfrei durchdrehen können, wird die Maschine automatisch stillgesetzt. Zwangsbeschickung bei besonders sperrigen, großvolumigen Teilen kann hier durch mechanische Stopfeinrichtungen, wie Zuführschieber oder Schnecken erfolgen, so dass Brückenbildungen beseitigt werden und kontinuierliches Zerkleinern gewährleistet ist.

Die Durchsatzleistung und die Mahlgutform sind weitgehend abhängig von dem zu zerkleinernden Material und von maschinentechnischen Gesichtspunkten.

#### Zerkleinerungsmaterial

##### Dichte

- physikalische-
- Schüttgut-

##### Form

##### Materialeigenschaften

- Härte
- Zähigkeit

#### Maschinenseite

- Schneidwerköffnung
- Messerbreite
- Messerdurchmesser
- Messerform
- Zähnezahl
- Höhe der Zähne
- Durchmesser des Lochgitters

Individuelle Stückgrößenbestimmung ist durch Umrüsten der Schneidscheiben von unterschiedlicher Breite und Zähnezahl möglich.

Der elektromotorische Antrieb erfolgt meist über ein Planetengetriebe auf die beiden Schneidwellen. Bei Ausführung mit nur einem Elektromotor ist es von Nachteil, dass die schnell drehende Welle weniger Drehmoment aufbringt, als die langsam drehende. Abhilfe schafft hier die Ausführung mit zwei Elektromotoren, die jede anzutreibende Welle mit gleichem Drehmoment antreiben.

Bei Antrieb mit einem Hydraulikmotor wird die erste Schneidwelle direkt und ohne Zwischengetriebe und die zweite Schneidwelle über ein Zahnraduntersetzungsgetriebe von der ersten Welle angetrieben. Dieses Antriebskonzept bringt Vorteile durch gleichmäßigere Kraftentfaltung, bzw. durch gleichmäßigeren Drehmomentverlauf.

Im Hinblick auf das Projekt der „Aufbereitung komplexer Baugruppen aus Alt-KFZ's durch identifizierende Verfahren“ und die darin positionierte Zerkleinerung sind aufgrund der vielfältigen Materialien und Formen von Teilen im KFZ und bedingt durch die im Anschluss folgende Verifizierung/Erkennung/Sortierung unserer Meinung nach verschiedene Schneid-/Zerkleinerungstechniken anzuwenden und vorzusehen, ist aber innerhalb des Projektes auf eine möglichst universell einsetzbare Maschine zu beschränken.

Die gewünschte Aufschlusszerkleinerung, möglichst mit automatisiertem Betriebsablauf, für die Praxis würde erfahrungsgemäß nachfolgende Zerkleinerungstechniken erfordern:

Dabei berücksichtigt ist:

- automatische Entnahme von metallischen Störstoffen (Magnetscheider)
- automatische Abscheidung von Nichteisen-Metallen (Separator)
- Vorzerkleinerung durch ZWEI-Wellen-Rotorschere; unempfindlich gegen Störstoffe
- Entsprechende Größe des Zerkleinerers auch für großvolumige und sperrige Teile
- Bypass Zuführungsmöglichkeit, um Teile, die nicht einer Störstoffentfernung bedürfen, nicht über diesen Vorzerkleinerer zu bringen.
- Übergabe des Materials aus Vorzerkleinerer über Fördereinrichtung an Grobzerkleinerer zur Erreichung eines definierten CHIPS im Bereich von 50-70 mm (oder nach Wahl des Siebes auf andere Größe). Modell-Serie WEIMA WLK Einwellen-Zerkleinerer mit hydraulischer Andrückvorrichtung oder alternativ an einen Vierwellen-Zerkleinerer ZMK mit entsprechend angepassten Schneidscheibendurchmessern und Breiten derselben. Beide Arten von Zerkleinerern jeweils mit Sieben ausgerüstet. Optimal wäre hier, beide genannten Varianten mit in die Verfahrenstechnik mit einzubauen, um somit das optimalste Zerkleinerungsergebnis zu erhalten und zwar abgestimmt auf das zugeführte Produkt oder Material.<sup>2</sup>

Innerhalb des Projektes musste in Bezug auf Durchsatzleistung für die Praxis ebenso die bedarfs- und anwenderorientierte Zerkleinerungstechnik in der Größe bestimmt und festgelegt werden. Das Spektrum der Durchsatzleistungen wird stark abhängig vom Aufgabegut (Material) beeinflusst. Die entsprechend intelligente Steuerung von Folgekomponenten stellte eine weitere Herausforderung dar.

---

<sup>2</sup> Generell gilt der Einwellenzerkleinerer als der universellere von beiden Arten der Technik; auch im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit und auf schnellen, einfachen und leichten Messerwechsel ist der Einwellenzerkleinerer um Längen dem Vierwellen-Zerkleinerer überlegen. Jedoch sind manche Arten von Materialien im Automotive-Bereich und insbesondere innerhalb des genannten Projekts und der folgernden Peripherie mit dieser Technik angepasster zu zerkleinern.

- Schneidergebnisse, die innerhalb des Projektes erreicht oder erwartet wurden, sind nur im Rahmen dieses Projektes zu bewerten und stellen sicherlich besondere Ausnahmebedingungen in den Vordergrund.
- Ein Stanz-Vorgang als Zerkleinerung, ausgelegt für Nachfolgemodule, könnte theoretisch das einfachste und erfolgversprechendste Ziel erreichen; ist aber nicht praxisorientiert und wird sich nach heutigem Stand des Anforderungsprofils so nicht lösen lassen. Dieses Prinzip der Zerkleinerung wurde deshalb nicht näher untersucht.

### EINWELLENZERKLEINERER WEIMA WLK 15



Abb. 2

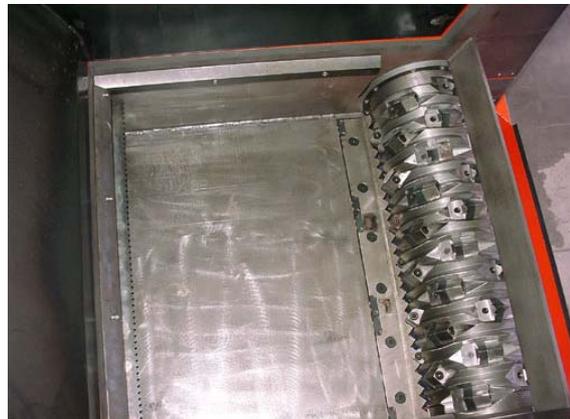


Abb. 3

Die Abbildung 2 zeigt den Einwellenzerkleinerer und Abb. 3 den Schneidraum WEIMA WLK Serie.

### Zweiwellentechnik ohne Einsatz eines Siebes Baureihe ZMB 4690



Abb. 4



Abb. 5

Abb. 6



Abb. 7



Die Abbildung zeigt eine Vier-Wellen-Zerkleinerungsmaschine der WEIMA Baureihe ZMK und nebenstehend die verwendbaren Siebeinsätze.

Für das Projekt wurde nun entschieden, zwei mögliche Arten von Zerkleinerern einzusetzen, deren Eignung zu testen und die Technik zu verfeinern und auf die nachfolgenden Komponenten abzustimmen.

## 2.2 Aufstellung der Zerkleinerungsmaschinen für Vorversuche

WEIMA stellte nun im Technikum zwei Zerkleinerungsmaschinen für die Zerkleinerungsversuche auf.

Zunächst wurden größere Bauteile wie Stossfänger und Heckklappen auf beiden Zerkleinerungsmaschinen zerkleinert und die Ergebnisse der Zerkleinerung im Detail vom Projektpartner DaimlerChrysler untersucht und hinsichtlich der Partikelgrößenverteilung bewertet.

Die Verwendbarkeit der Kunststoffteilchen nach der Zerkleinerung konnte dann durch die Vereinzelungsmodule und die Identifikationsmodule in Versuchen analysiert werden.

Dadurch konnte gemeinsam durch die Projektpartner eine Vorauswahl auf Grund der Ergebnisse getroffen werden.



Abbildung 8 WLK Serie mit Heckklappe der Mercedes A-Klasse vor der Zerkleinerung



Abb. 9



Abb. 10

Abbildung 9 zeigt geshredderte Kunststoffteile; Abbildung 10 die Messungen und Erfassung der Daten während des Zerkleinerungsvorganges.

### 3. Auswertungen der ersten Untersuchungen der verfahrenstechnischen Möglichkeiten

- Es wurden Untersuchungen zum Zerkleinerungsverhalten mit Ein-, Zweiwellenzerkleinerern und Vierwellenzerkleinerern durchgeführt. Insbesondere wurde hierbei auf das Aufschlussverhalten und die möglichst homogene Korngrößenverteilung Wert gelegt. Die Separation von Eisen- und Nichteisenmetallen aus den Kunststofffraktionen und zur Abtrennung von Schäumen wurden durch die beteiligten Projektpartner im Folgenden dann durchgeführt.
- Anhand der aus den durchgeführten Versuchen ermittelten Ergebnisse wurden neue Möglichkeiten hinsichtlich der Zerkleinerungsmethoden erarbeitet, die den Materialaufschluss und die Partikel/Korngröße nach der Zerkleinerung in möglichst homogene Größen ermöglicht. (Selektive Vorzerkleinerung, bzw. Aufschlusszerkleinerung).

Abb. 11

In den Versuchen zu den verfahrenstechnischen Möglichkeiten wurden zunächst Zerkleinerungsversuche mit der Ein-Wellen-Zerkleinerung (WLK SERIE) durchgeführt. Hierbei wurden Hecktüre, Scheinwerfer und Stoßfänger zerkleinert und bewertet.



Die Ergebnisse hinsichtlich Partikelgrößenverteilung, Aufschlussgrad und Ausbeute, sowie die erzielbaren Durchsatzleistungen wurden ermittelt und sind vom Projektpartner DC Forschungszentrum Ulm erfasst und ausgewertet worden.

Die Ergebnisse sind im weiteren an Hand von grafischen Darstellungen aufgeführt.

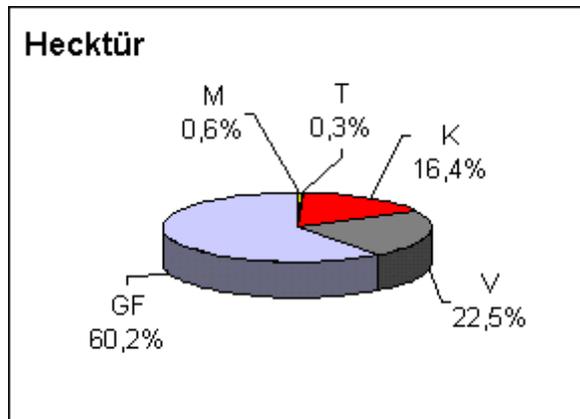
Abb. 12



**Grafik Bestandteile der zerkleinerten Bauteile** (Quelle: DaimlerChrysler)

**Zerkleinerung**

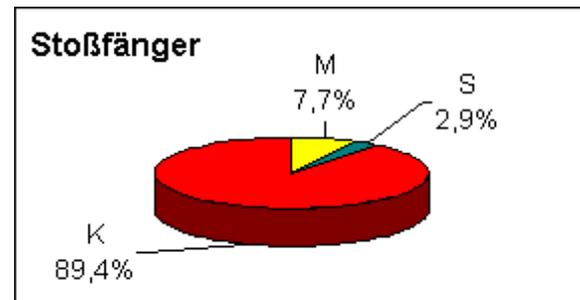
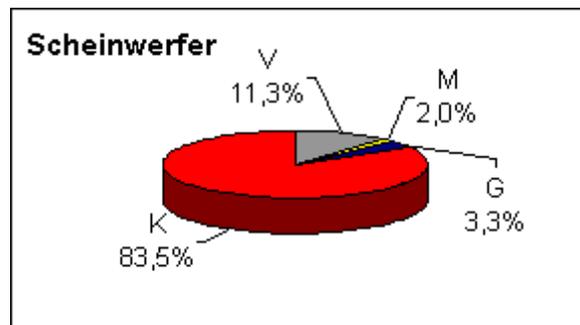
Abb. 13



**Ein-Wellen-Zerkleinerer**  
( $d_{\text{Sieb}}=50\text{mm}$ ,  $n=60\text{ min}^{-1}$ ):

**Verwendete Abkürzungen:**

- G** Gummi
- GF** Glasfaser
- K** recycelbarer Kunststoff
- M** Metall
  
- S** Schaum
- T** Textil
- V** Verbunde



Quelle: DaimlerChrysler Forschung & Technologie

Die bei diesen Versuchen eingesetzte WEIMA WLK Einwellen - Zerkleinerungseinheit, mit hydraulischer Andrückvorrichtung wurde mit unterschiedlichen Siebvarianten (Z-Sieb und Rundlochsiebe) ausgestattet, sowie mit unterschiedlichen Messergrößen bestückt. Die Zerkleinerungsergebnisse wurden von DC ausgewertet und es wurde festgestellt, dass die Partikelgrößen sehr stark variierten und auch keine konstante und homogene Partikelgröße erreicht werden kann.

Es wurde mit unterschiedlichen Rotordrehzahlen Zerkleinerungsversuche durchgeführt, die aufzeigen sollten, ob sich dabei das Ergebnis verbessern lässt.

Die parallel zur Einwellen-Zerkleinerungstechnik eingesetzte Vier-Wellen-Technik zeigte im Hinblick auf Korngrößenverteilung deutlich bessere Eigenschaften.

Es konnte nachgewiesen werden, dass die Vier-Wellen-Zerkleinerungstechnik je nach Einsatz von unterschiedlichen Siebgrößen in Abstimmung mit den zu verwendenden Schneidwerkzeugen (Schneidscheiben) und Einzugsscheiben mit Einzugshaken nochmals optimiert werden kann.

**Bewertung der Partikelgrößen (Aufschlussgrad und Ausbeute)**

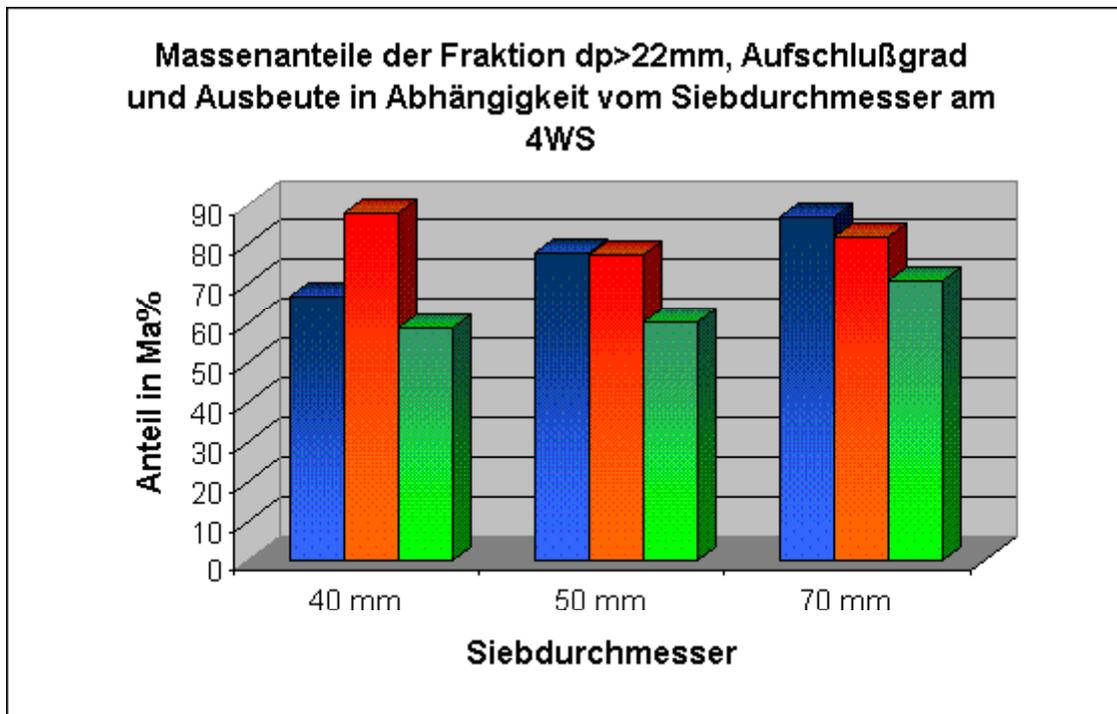


Abb. 14

Siebgröße (mm)	Anteil $dp > 22\text{mm}$ (Ma%)	Aufschlußgrad (Ma%)	Ausbeute (Ma%)
40	67,01	87,66	58,74
50	77,86	77,53	60,36
70	86,65	81,79	70,87

Quelle: DaimlerChrysler Forschung & Technologie

Die zunächst verwendete Vier-Wellen Maschine ZMK 30 zur Zerkleinerung wurde dann durch die nächst größere Baugröße ZMK 40 ersetzt , um auch das Einzugsverhalten bei größeren Bauteilen zu optimieren.

Abbildungen ZMK 30 mit kleinem Aufgabetrichter

Bereits die Beschickung von größeren Bauteilen (Stoßfängern) erforderte eine Erweiterung des Einfüllschachtes an der Zerkleinerungsmaschine, um Brückenbildung innerhalb des Trichter- raumes auszuschließen und die händische Beschickung der Maschine zu vereinfachen. Hierbei wurden auch Sicherheitsaspekte für das Bedien- personal berücksichtigt.



Abb. 15

Vierwellenzerkleinerer SERIE ZMK 30 mit Einfüllschacht und Standardschneidwerk bei der Zerkleinerung von Stoßfängern.



Abb. 16

Die Neukonstruktionen von Schneidwerkzeugen/Schneidwellen und Sieben, sowie die Herstellung einer Maschine zum Shreddern der verschiedensten Kunststoffteile war nun die Grundlage für die spätere zur Verfügung Stellung der Zerkleinerungsmaschine für die zu erstellende Pilotanlage in Zwickau. Es wurden hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit und des Betriebes des Zerkleinerungsaggregates nähere Untersuchungen gemacht und Vorschläge zu Baugrößen und der Anlagenstruktur in enger Zusammenarbeit mit dem Projektpartner DC erarbeitet. Nötige Modifikationen wurden erarbeitet und in neue Technik umgesetzt.

Ziel war hier auch das Erreichen von Mindestdurchsatzmengen im Bereich von ca. 500 kg/h bei Einsatz eines Spezialsiebes mit Sieblochdurchmesser von 70 mm.

### 3.1 Abstimmung des Zerkleinerungsaggregates auf nachfolgende Peripherie

Die nun gewählte Vier-Wellen-Zerkleinerungstechnik wurde ausgelegt auf:

- mittlere Mindestdurchsatzmengen bei verschiedenen Fraktions-Typen
- unterschiedliche Siebeinsätze (50 mm, 60 mm und 70 mm) Rundloch
- Durchsatzmengen-Abstimmung an die nachfolgenden Sortierstufen
- einfaches Nachrüsten von Sieben und deren Austausch/Siebwechsel
- minimierter Verschleiß an den Werkzeugen (Schneidscheiben u. Einzugshaken)
- einfaches Nachschleifen der Schneidwerkzeuge innerhalb der Maschine ohne erforderliche Ausbaumaßnahmen des Schneidwerkes
- Herstellung eines Sonderschneidwerkes (50 mm Schneidscheibenbreite) abgestimmt auf die verwendete Sieblochung

### 3.2 Herstellung und Entwicklung von geeigneten Messertechniken



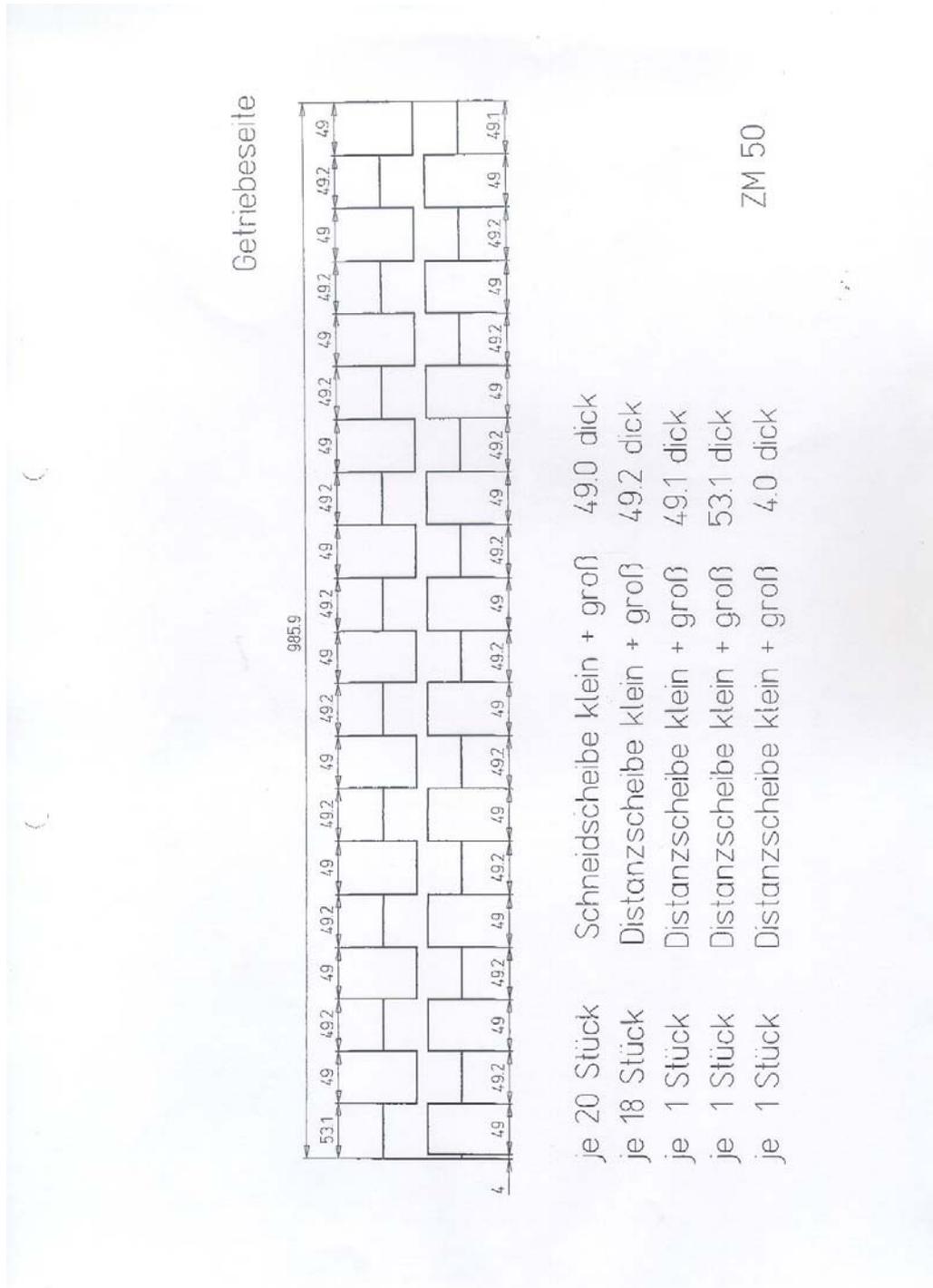
Abb. 17

Um nun die weitere Verbesserung der homogenen Partikelgröße zu erreichen, wurde das Schneidwerk komplett überarbeitet. Es wurden 50 mm Schneidscheiben und Schneidscheiben mit Einzugshaken neu hergestellt und erstmalig in einer WEIMA ZMK Serie eingesetzt. Das neue Design hatte nun zur Folge, dass Rotorlagerungen, aber auch getriebeseitig Modifikationen erforderlich waren.

Die zu verwendenden Siebeinsätze wurden optimiert und mit speziell angeordneten Nachbrechleisten ausgerüstet. Die Siebe wurden auch in der Materialstärke neu überarbeitet, um ein Verbiegen der Siebschalen, auch bei anspruchsvollen Zerkleinerungsmaterialien, zu verhindern.

Abbildung zeigt die Schneidscheiben und Einzugsscheibenanordnung die bei der Baureihe ZMK 40 und ZMK 50 Verwendung finden.

Abb. 18

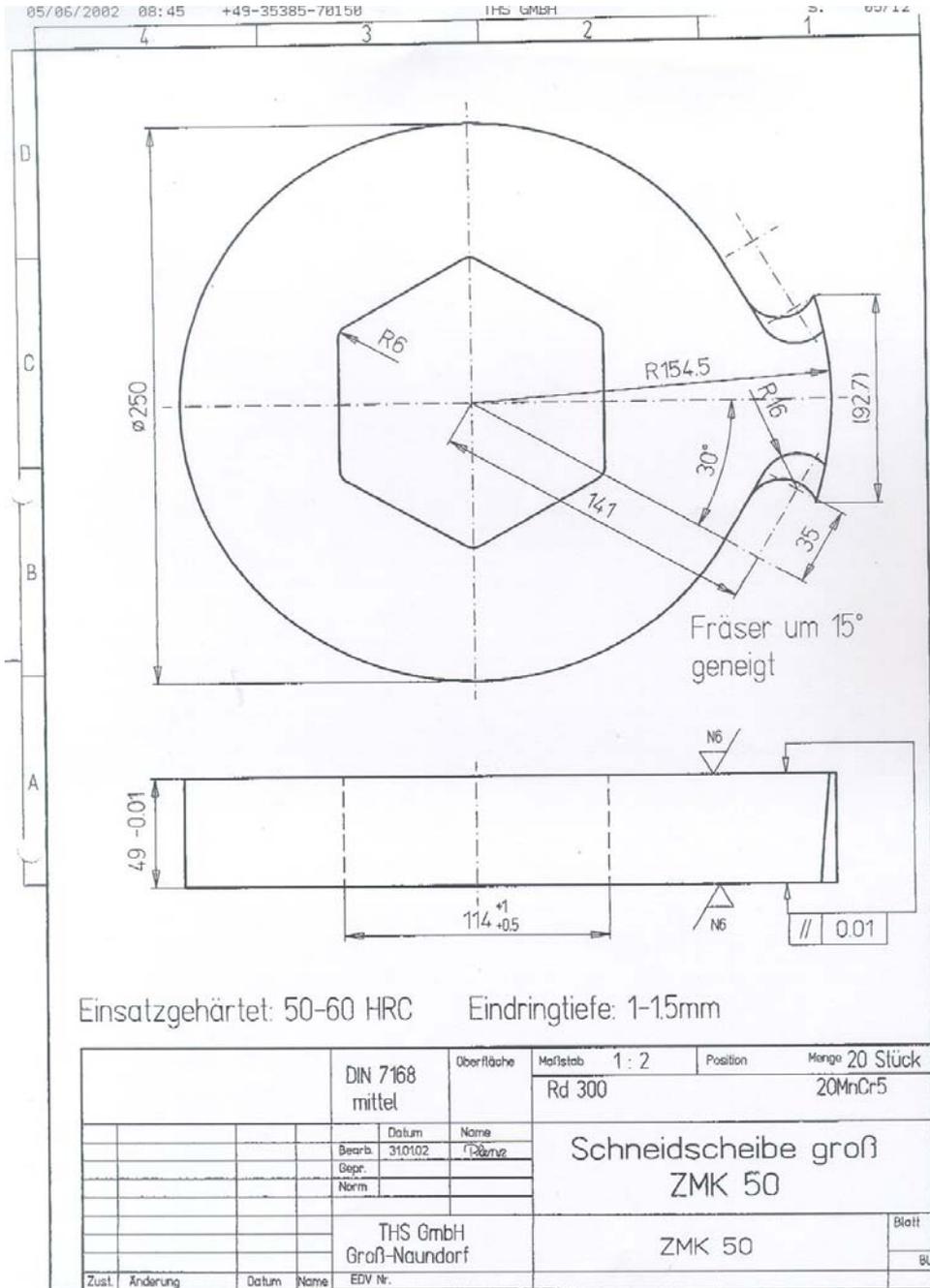


Das Schneidwerk wurde auch im Bereich der Anordnung von Einzugshaken modifiziert. Die Einzugshaken wurden schräg angefräst, um ein verbessertes Einzugsverhalten zu erreichen. In einem weiteren Schritt wird hier noch ein wechselbares Einzugsmesser (wendbar) in den Einzugshaken integriert.

(siehe nachfolgende Skizzen der Schneidscheiben groß / ZMK Serie)

Schneidscheibe groß ZMK 50 oder ZMK 40 SERIE ; Einsatzgehärtet 50-60 HRC

Abb. 19



Bei der Ausführung dieser gezeigten Schneidscheibe ist nur ein Nachschleifen der Einzugshaken und der Schneidscheibenkanten möglich. Nach mehrfachem Nachschleifen muss diese Schneidscheibe durch eine neue Schneidscheibe ersetzt werden. Um hier Folgekosten (Verschleißkosten) zu minimieren, wurde diese Variante überarbeitet und mit wechselbaren Einzugshaken und Hohlmessern ausgestattet. Das Design der Schneidscheibe wurde nun komplett verändert und auf die Anforderungen angepasst.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die weiter optimierte Schneidscheibe mit austauschbaren Einzugshaken, die dann als konkave Schneidwendekronen ausgeführt sind.

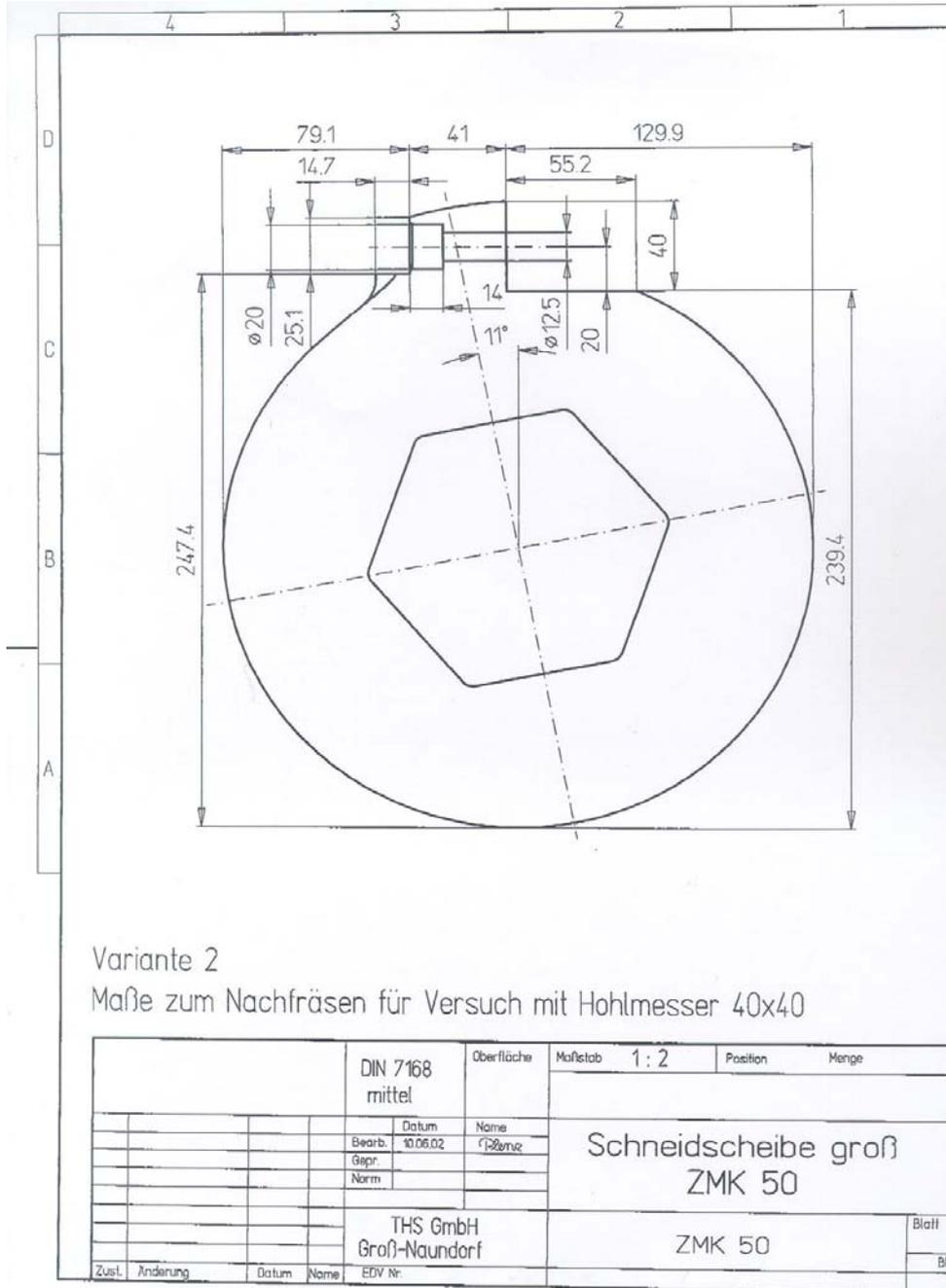


Abb. 26

Diese Art von neu entwickelter Schneidscheibe mit modifizierter Einzugshaken-Form wurde während des Projektes nicht in den Zerkleinerer der Pilotanlage eingebaut; fand aber gleich im Anschluss an das Projekt Verwendung in der Zerkleinerungseinheit für das Projekt der Fa. Erlös in Zwickau.

Diese Technologie wird heute bereits bei verschiedensten Anwendungen in der Praxis eingesetzt.

### 3.3 Herstellung von Sieben am Zerkleinerer

Nachdem nun das neu konstruierte Schneidwerk hergestellt war, konnte nun die Herstellung des verstärkten Spezielsiebes mit Nachbrechleisten erfolgen. Wichtig war hierbei die Anordnung der Sieblöcher, die zu den einzelnen Schneidscheiben angeordnet werden mussten. Die Anordnung der Lochung brachte weitere Vorteile. Die Nachbrechleisten und die Anordnung der Sieblochung verhindert Streifenbildung und fördert zu große Materialstreifen wieder dem Schneidprozess zu. In den Versuchen wurde ermittelt, dass nun der Feinkornanteil mit unter 10 mm Kantenlänge des geshredderten Gutes nur noch ca. 5 % beträgt.

Daraus ergibt sich, dass die Gesamtausbeute der Zerkleinerung bei ca. 95 % liegt und der Materialaufschluss als sehr gut eingeschätzt werden kann.

Diese Abbildung zeigt Shreddergut, welches noch ohne die genannten Siebmodifikationen mit der ZMK 40 Zerkleinerungsmaschine zerkleinert wurden und hier ist die Streifenbildung deutlich erkennbar.

Materialergebnis aus den Vorversuchen



Abb. 21

Materialergebnis nach optimierter Schneid- und Siebgeometrie

Das nebenstehende Shreddergut zeigt ein homogenes Zerkleinerungsergebnis ohne Streifenbildung in dem geforderten Korngrößen Spektrum.



Abb. 22

Zusammenfassend ist festzustellen, dass durch die weiterentwickelte Technik hervorragende Ergebnisse im Bezug auf Partikelgröße und Materialaufschluss erzielt werden, welche vor diesen Modifikationen bislang nicht mit der Vier-Wellen Technik erreicht werden konnten.

Die Durchsatzleistungen der Maschine wurden dabei nicht negativ beeinflusst.

## 4. Ermittlung des Massenstromes je Fraktionstyp bei ZMK 40

Im Rahmen dieser Projektarbeit waren nun die Durchsatzleistungen und zwar nach Art der Bauteile zu untersuchen und festzustellen.

Die Durchsatzleistungen bei der Zerkleinerungsmaschine ZMK 40 mit 2 x 18,5 kW wurden wie folgt ermittelt:

Art der Bauteile / Beschreibung	ermittelte Durchsatzleistung in kg/h im Durchschnitt
A. Heckleuchten	460
B. Scheinwerfer	430
C. Radkappen	880
D. Lackierte Mischteile	417
E. Stoßfänger ohne Schaum	482
F. Stoßfänger mit Schaum	559
G. Stoßfänger PP/EPDM entschäumt	436
H. Stoßfänger PC/PBT entschäumt	457

Somit konnte für diese Bauteile ein mittlerer Durchsatz von 480 bis 500 kg/h erzielt werden. Die Mengen können von den folgenden Sortierstufen eins und zwei des Gesamtverfahrens aufgenommen und verarbeitet werden.

Somit war hier auch der Massenstrom auf die folgenden Komponenten zugeschnitten und ausreichend.

### 4.1 Bewertung des Einzugs- und Schneidverhaltens bei ZMK 40

Die Bauteile A. bis einschließlich D. konnten als Haufwerk in Chargen problemlos der Maschine über den Aufgabetrichter zugeführt werden, ohne dass es zu Brückenbildungen oder zur Überlastung der Maschine führen würde.

Bei den größeren Bauteilen E. bis H. war eine stückweise händische Zuführung erforderlich, damit Brückenbildung innerhalb des Trichters vermieden wird. Bei der händischen Zuführung wird auch das sperrige Gut gezielt dem Schneidwerk zugeführt, welches dann das Gut direkt erfassen, einziehen und zerkleinern kann und zwar ohne dass zuvor das Bauteil auf dem Schneidwerk erst in geeignete Einzugsposition gelangen muss.

Um die händische Aufgabe zu ersetzen, müsste der Schneidraum und der Trichter mindestens doppelt so groß gestaltet werden, um Brückenbildung auszuschließen.

#### 4.2 Optimierung der Zerkleinerungsergebnisse durch Lochsiebe mit Nachbrechleisten

Während des Projektes standen verschiedenste Arten von Siebeinsätzen in unterschiedlicher Ausführung und Form mit den verschiedensten Sieblochungen zur Verfügung.

Abbildung zeigt Siebeinsätze für Versuchszwecke bei unterschiedlichen Aufgabenstellungen und Anwendungen.



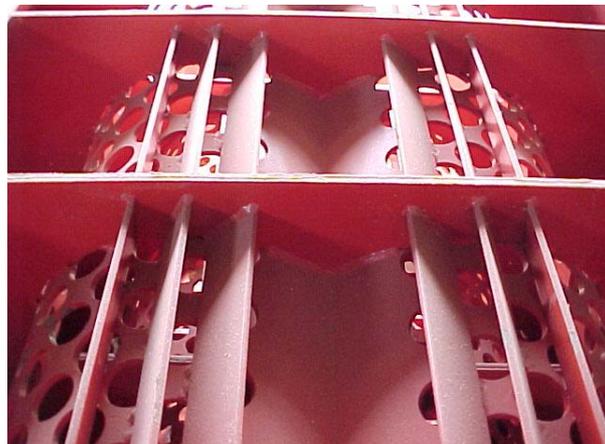
Abb. 23

Aus dem breiten Spektrum von existenten Standard Siebeinsätzen konnten nicht optimale Zerkleinerungsergebnisse erzielt werden.

Wie in den vorangegangenen Abschnitten beschrieben, mussten weitere alternative Siebe hergestellt werden. Die Integration von sogenannten Nachbrechleisten brachte dann den erwünschten Erfolg bereits in früher Projektphase und zwar noch bevor die Zerkleinerungseinheit an den Pilotierungsstandort ausgeliefert wurde. Abb. 24

Die Anordnung dieser Nachbrechleisten unter dem Siebaustrag hat Auswirkung auf Minimierung der Streifenbildung und zur Verhinderung von Überkorn. Der Winkel zwischen Nachbrechleiste und Sieblochung bestimmt den Anteil der Streifenbildung.

Diese Konfiguration wurde gemeinsam mit dem Projektpartner DaimlerChrysler verfeinert.



#### 4.3 Aufstellung der optimierten Zerkleinerungstechnik in Pilotierungshalle in Zwickau

Nach den Voruntersuchungen und durch die dabei entstandenen neuen Techniken konnte nun die Verbringung der Zerkleinerungsanlage an den Standort der Pilotanlage des Gesamtverfahrens erfolgen.

WEIMA Maschinenbau GMBH lieferte die Zerkleinerungsmaschine ZMK 40 mit folgender Sonderausstattung und Optimierung:

- ZMK 40 mit 2 x 18,5 kW Antriebsleistung
- Sondertrichter erweitert zur Aufnahme von sperrigen Bauteilen
- angepasstes Maschinenuntergestell zum Unterbau eines Austragsförderbandes (wurde von WEIMA während des Projektes zur Verfügung gestellt)
- Neu entwickeltes Vier-Wellen-Schneidwerk mit 50 mm Schneidscheiben und optimierten Einzugschaken
- komplette Steuerung (Schaltschrank) der Maschine und des Austragsbandes
- Neu entwickelte Siebeinsätze mit Nachbrechleisten in den Siebgrößen 50 mm, 60 mm, 70 mm und 80 mm.

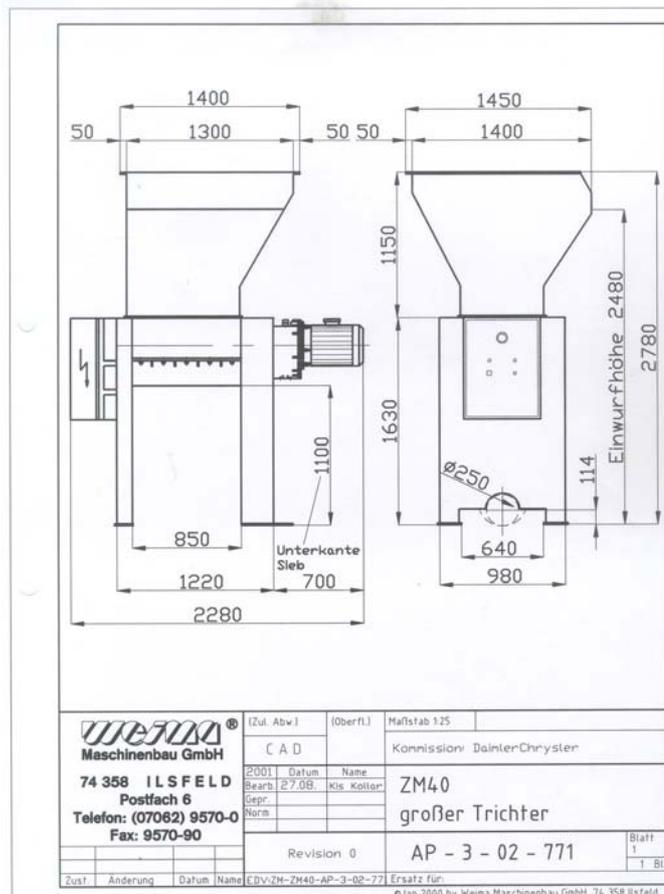


Abb. 25

Abbildung zeigt die Skizze mit den Baumaßen der ZMK 40, die in die Pilotanlage in Zwickau integriert wurde.

## 5. Betreuung im Betrieb der Pilotanlage in Zwickau

Die Zerkleinerungsmaschine ZMK 40 wurde am Standort der Pilotanlage in Zwickau aufgebaut, installiert und in Betrieb genommen. Gemeinsam mit dem Projektpartner DaimlerChrysler wurde Bedienpersonal in die Bedienung und Technik der Maschine eingewiesen und mit den Besonderheiten vertraut gemacht.

Das Gesamtverfahren der Pilotanlage konnte nun an einem Ort unter praxisingerechten Bedingungen ausführlich genutzt und getestet werden.

Während des Praxisbetriebes konnten weitere Erkenntnisse erlangt werden, die dann in die Technik weiterer Maschinen einfließen sollten.

Auch dieses Ziel konnte gleich im Anschluss an das Projekt und des Projektendes realisiert werden. Hauptsächlich waren Mitarbeiter des Projektpartners DaimlerChrysler Vorort und betreuten das Gesamtverfahren und weiter durchzuführende Versuche.

Die folgende Abbildung zeigt die Aufstellung und Anlagenbestandteile des Gesamtverfahrens im Pilotprojekt „Aufbereitung komplexer Baugruppen aus Alt-KFZ’s durch identifizierende Verfahren“.

### Standort Zwickau/Germany

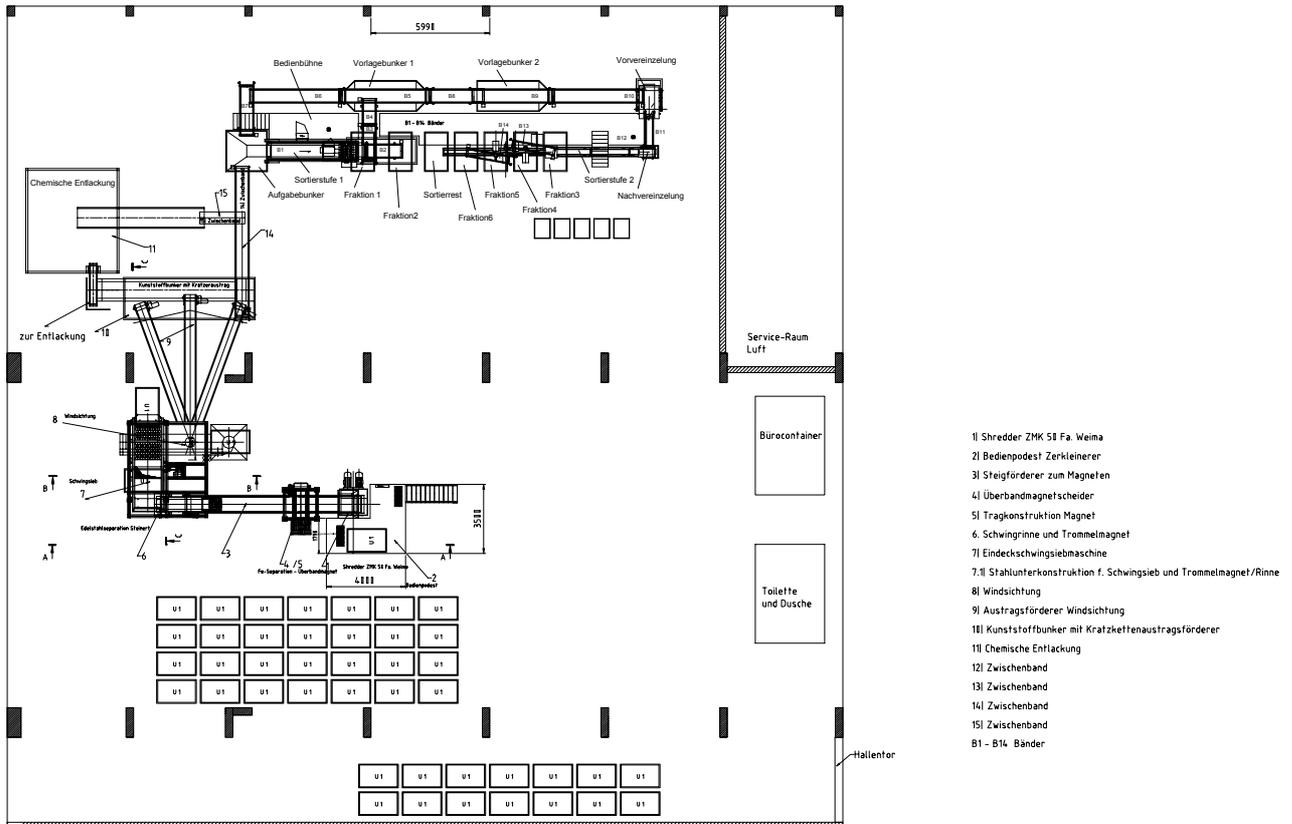


Abb. 26

## 5.1 Zielumsetzung und Ergebnis aus der Versuchsanlage

Der innerhalb des Verbundprojektes entwickelte und der Pilotanlage zugeführte Shredder für die Selektivzerkleinerung ZMK 40 mit 2 x 18,5 kW wurde somit mit umfangreichen Modifikationen erfolgreich in Zwickau eingesetzt.

Vom Projektpartner DaimlerChrysler wurde am Zerkleinerer noch ein Bedien- und Beschickpodest zur leichten Zuführung der zu shreddernden Bauteile angebracht. Dies war auf Grund der Aufstellungssituation im Gebäude erforderlich.

Die folgenden Versuche und Untersuchungen ergaben, dass die zu erreichende homogene Partikelgröße für die Sortierstufen gewährt werden können. Die vorgegebenen Durchsatzleistungen für die Pilotanlage wurden vollumfänglich erreicht.

Der Materialaufschluss wurde als sehr gut bezeichnet.

Die Gesamtversuchsanlage konnte somit ab Beschickung vollautomatisch erfolgreich betrieben werden.

## 5.2 Bewertung der Zerkleinerungsergebnisse und Schneidtechniken

Wie bereits in den vorigen Abschnitten erwähnt, sind hinsichtlich der Standzeiten und der nochmaligen Optimierung der Wirtschaftlichkeit der Schneidwerkzeuge Maßnahmen erforderlich, die ebenfalls bereits erwähnt wurden. Dies sind insbesondere die Neukonstruktion der wendbaren und einfach wechselbaren Schneidwendekronen.

Innerhalb der Projektzeit konnte festgelegt werden, dass bei Verkauf einer Anlage im Anschluss an das Projekt nur noch Ausführungen von Schneidwerken mit dieser neu entwickelten Technik erfolgen sollen und im Blick auf Standzeiten nochmals Verbesserungen geschaffen werden.



Abb. 27

Abbildung zeigt ZMK Schneidwerk mit eingeschraubten, wechselbaren und konkaven Schneid-Wendekronen.

## **6. Zusammenfassung und Perspektiven für die Zukunft.**

Innerhalb des Verbundprojektes konnten wirtschaftliche Erfolgsaussichten, funktionale / wirtschaftliche Vorteile gegenüber Konkurrenzlösungen, Nutzen für verschiedene Anwendergruppen / -industrien am Standort Deutschland, Umsetzungs- und Transferstrategien deutlich festgestellt werden.

Im Anschluss an dieses Projekt werden die Schneidtechniken und das daraus entstandene Zerkleinerungsmodul auf Serienbasis hergestellt und der Kunststoff- und Recyclingindustrie vorgestellt. Insbesondere der zu beobachtende Trend, im Bezug auf steigendes Materialaufkommen bei Kunststoffen im Automobilbau, lässt sehr gute Marktchancen erkennen, wobei die wirtschaftlichste Technologie in Verbindung mit der zu erreichenden Korngrößenverteilung den Erfolgsfaktor mitbegründet.

WEIMA wird dies als mittelständigem Unternehmen erfolgsversprechenden Nutzen und weiteren technischen Vorsprung ermöglichen.

Das Maschinenprogramm mit den unterschiedlichsten Zerkleinerungstechnologien (vom Einwellen-Zweiwellen über den Vier-Wellen-Zerkleinerer) in Verbindung mit aus Praxis-Versuchen und Untersuchungen sich ergebenden Schneidtechniken, bilden eine weitere Grundlage für vielfältige Einsatzmöglichkeiten der in diesem Projekt gewonnenen Erkenntnisse.

Die Wirtschaftlichkeit und der Betrieb des Zerkleinerungsaggregates konnte unter Beweis gestellt werden und die Anwender/Bediener hatten somit keine wesentlichen Störungen während des bisherigen Betriebes.

Sämtliche Abschnitte zu Versuchen und der technischen Auslegung des Zerkleinerungsverfahrens konnten planmäßig erfolgen.

Im Rahmen des Projektes hat unser Unternehmen die Vorgaben gemäß den Vorhabensbeschreibungen mit den Zerkleinerungsaufgaben und den Untersuchungen zum Zerkleinerungsverhalten vollumfänglich die Aufgabenstellung erfüllt.

WEIMA Maschinenbau GMBH steht nun mit dieser in der Praxis erprobten Maschinenlösung als kompetenter Partner zur Verfügung.

Unser Dank gilt hierbei ganz besonders dem Projektpartner DaimlerChrysler als Projektleiter und dem Projektträger DLR-Bonn, vertreten durch Herrn Dipl.-Ing. Otto Krause.