

**Veranstaltungsreihe „Ressourceneffizienz vor Ort“
Material sparen – Ressourcen schonen Kosten senken**

gefördert durch



Deutsche Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Energieoptimierte Herstellung von Nutzfahrzeugfedern - EnRed -



DBU Zentrum für
Umweltkommunikation
08. November 2011
Dr. Torsten Bispink

Einleitung

Energieeffizienz ist weltweit ein Megatrend. Sie ist bereits vor vielen Jahren von der Fahrzeugindustrie aufgegriffen worden und stellt heute eines der wichtigsten Entwicklungsziele dar. Dabei sind nicht nur beim Verbrauch von Fahrzeugen Energieeinsparpotenziale zu nutzen. Auch die Herstellung von Fahrzeugen und deren Komponenten erfolgt immer effizienter, was unter dem Oberbegriff **Life Cycle Assessment** zusammengefasst werden kann. Heutige Federnproduktionen benötigen allein für die Umformung und Vergütung mehr als 1,8 kWh Energie je kg Fertiggewicht.

In diesem Vortrag wird ein neue entwickeltes Verfahren zur energiesparenden Herstellung von Nutzfahrzeugfedern vorgestellt.

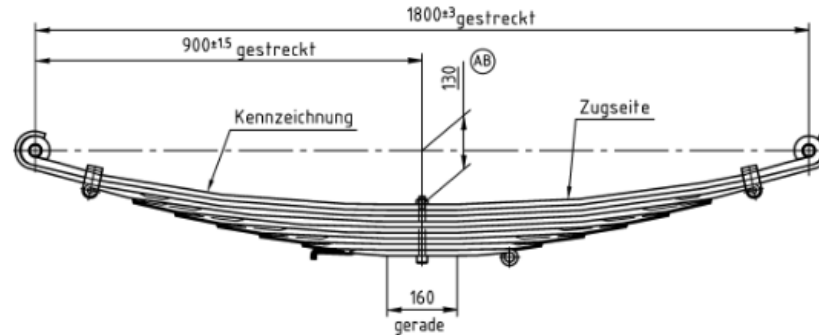


Stand der Technik

Federtypen

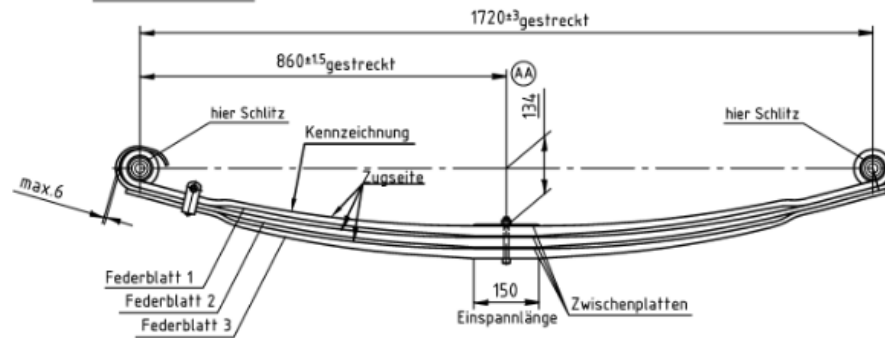
Die im Fahrzeugbau verwendeten Blattfedern lassen sich in drei Gruppen einteilen:

- Trapezfedern

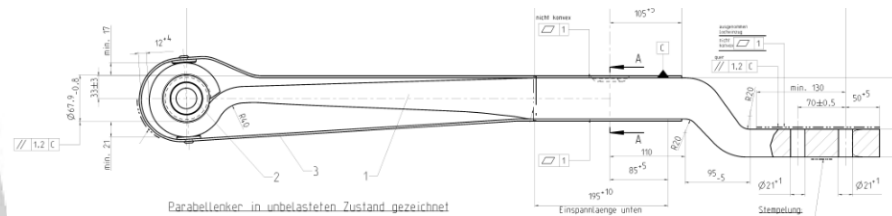


Feder unbelastet !

- Parabelfedern



- Parabellenker

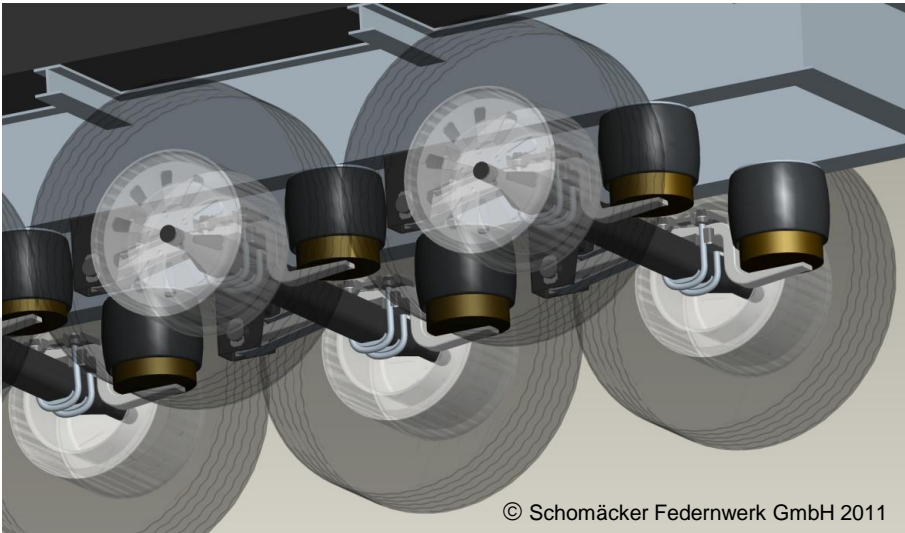


Federungssysteme von Anhängern

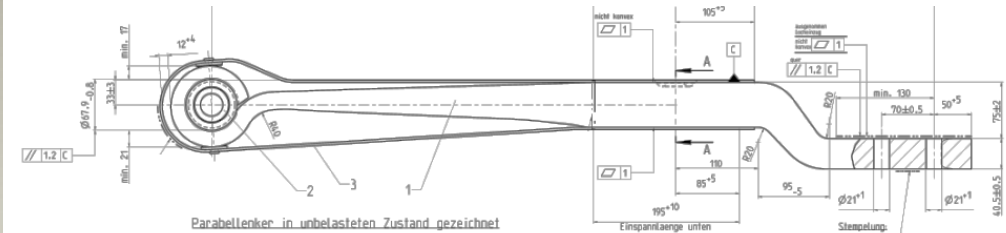
Seit den 80er Jahren setzt sich die **Luftfederung** bei der Federung von Anhängern und Aufliegern immer mehr durch. Bei großen Achslastunterschieden (leer – beladen) besitzt die Luftfeder deutliche Vorteile gegenüber herkömmlichen Stahlfederungssystemen. Durch die pneumatische Regelung können trotz **flacher Kennlinie** große **Fahrhöhenunterschiede** vermieden werden. Ein wichtiges Bauteil für das Luftfedersystem ist der **Parabellenker**, der die Achse führt, den Fahrzeugaufbau stabilisiert und die Luftfederbälge trägt.



Parabellenker



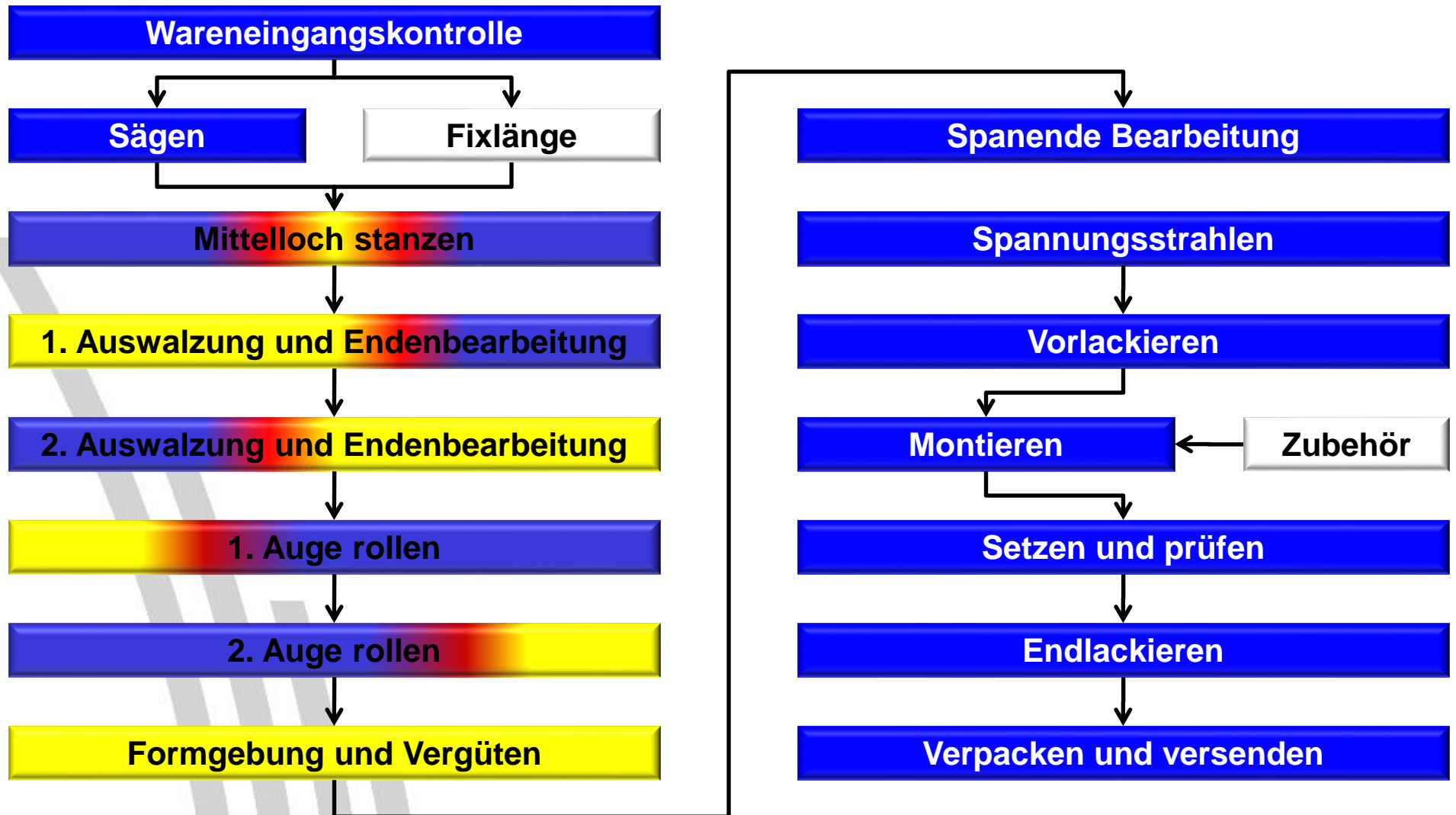
© Schomäcker Federwerk GmbH 2011



Luftfederungssystem

Der Parabellenker **verbindet** die Achse über einen Schuh und einen Luftfederbalg mit dem Fahrzeugrahmen. Neben der Achsführung in **Quer- und Längsrichtung** und der Verteilung der Achslast auf den Schuh und den Luftbalg liegt die Funktion des Parabellenkers in der **Stabilisierung** des Fahrzeuges. Durch den aus Lenker und Achse gebildeten U-förmigen Verbund entsteht eine Stabilisierung, die zu einer Reduzierung der Wankbewegungen des Fahrzeugs führt. Zur Aufnahme der Wankbewegungen sind hohe Federraten erforderlich, die durch große Materialquerschnitte erzeugt werden. Durch seine hohe Elastizität belastet der geschmiedete Lenker Achse und Chassis deutlich weniger als starre Achsführungssysteme. Um alle Kräfte im Lenker belastungsoptimal aufzunehmen, wird sein Querschnitt in Längsrichtung durch **parabelförmiges Auswalzen** an die vorliegenden Spannungen angepasst.

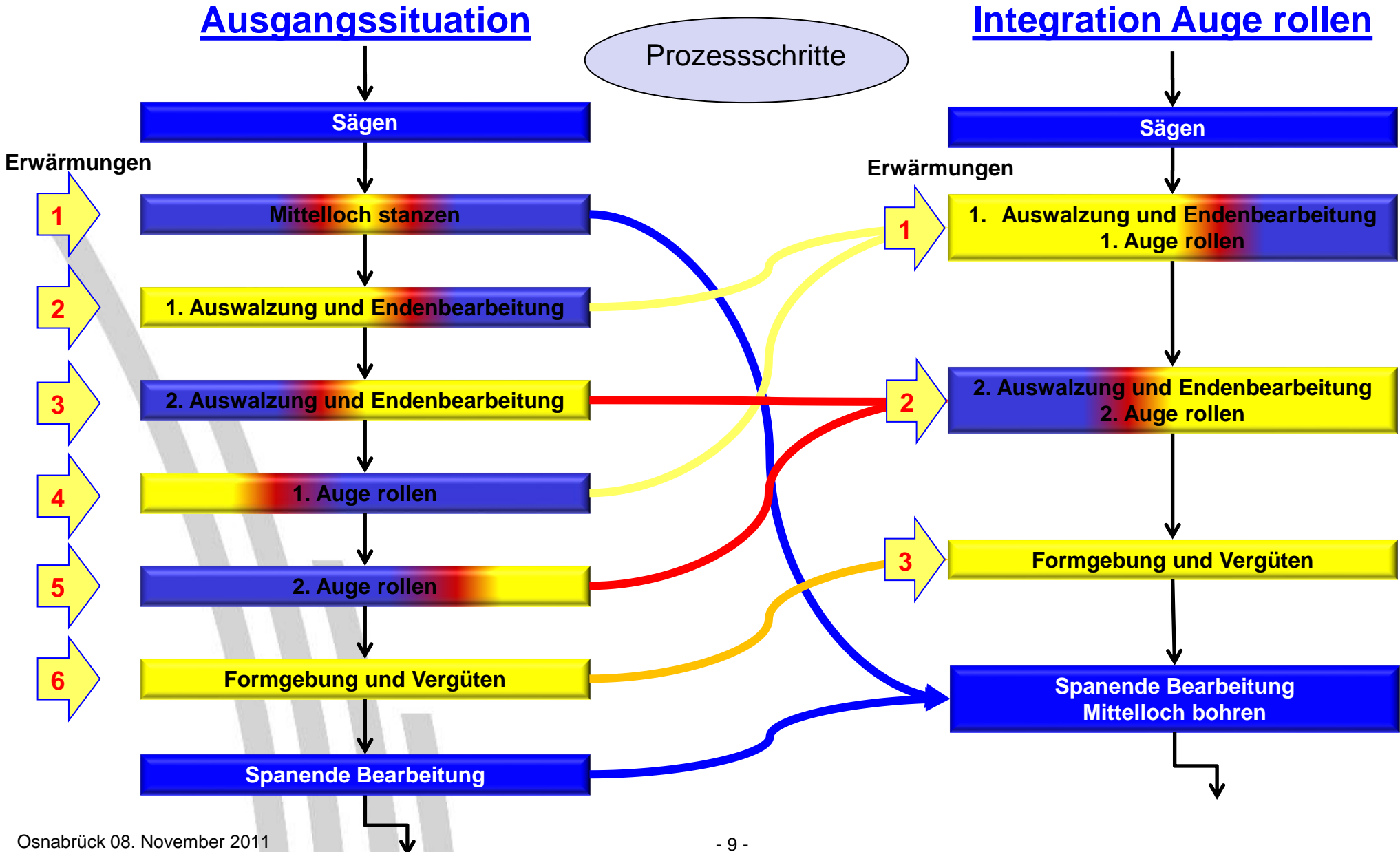
Fertigungsablauf einer Parabelfeder



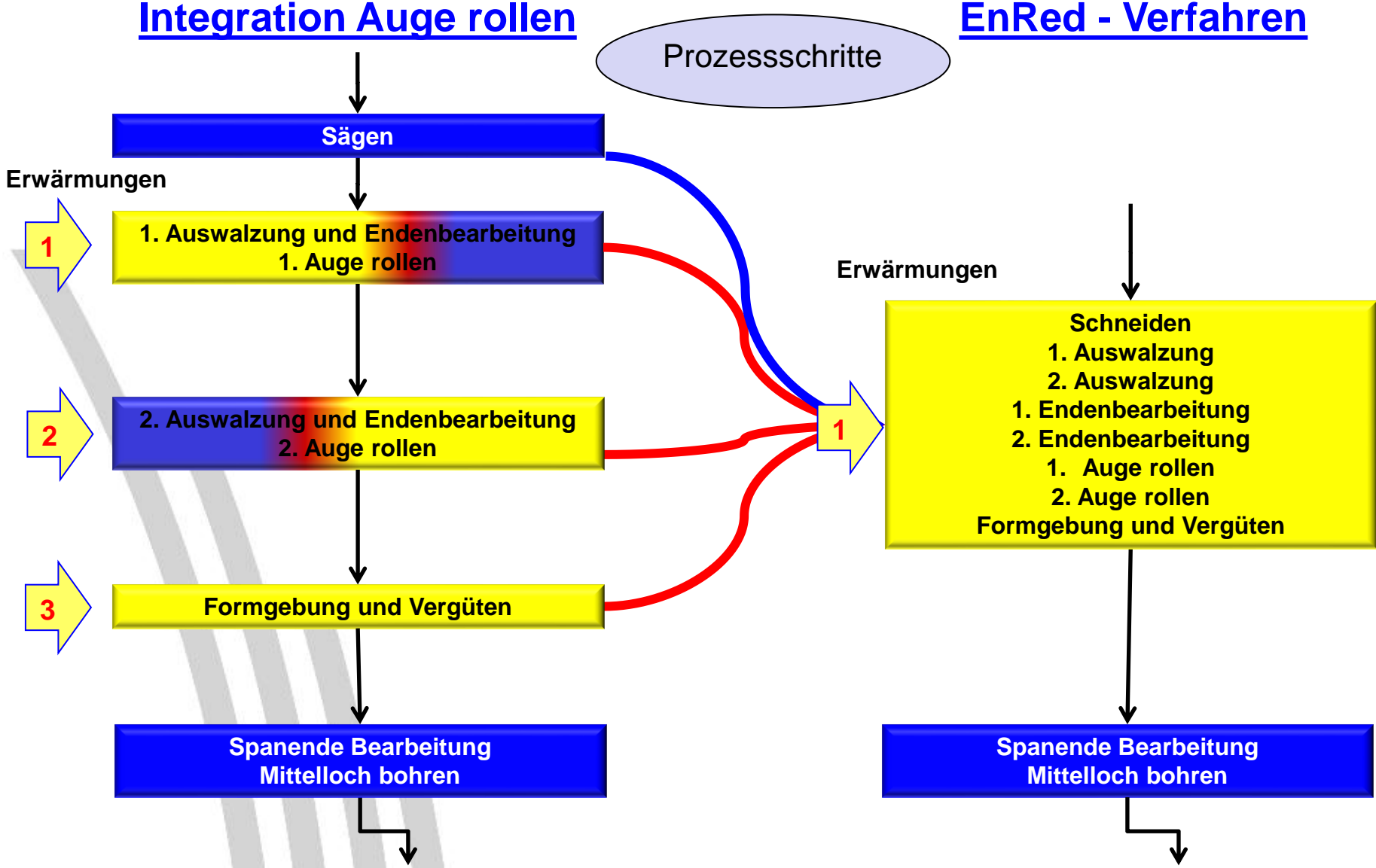


Prozessketten mit höherer Energieeffizienz

Erster Effizienzschritt: Integration Auge rollen



Zweiter Effizienzschritt : EnRed-Verfahren





EnRed – Verfahren

EnRed - Verfahren

In den Jahren 2007 – 2009 hat das Schomäcker Federnwerk ein energieeffizientes Verfahren zur Herstellung von Nutzfahrzeugfedern (EnRed) entwickelt. Das Projekt ist von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) mit 349 T€ gefördert worden. Die Ergebnisse sind im Abschlussbericht unter dem **Aktenzeichen 25933** dokumentiert. An dieser Stelle sei der DBU noch einmal ein großer Dank für die Unterstützung des Projektes ausgesprochen.



Aufgrund der erreichten Ergebnisse wurde das Projekt auf der Festveranstaltung „**20 Jahre Deutsche Bundesstiftung Umwelt**“ am 05. Juli 2011 in Osnabrück präsentiert.

EnRed - Verfahren

Zielsetzung

Ziel des Projektes war die Entwicklung eines **energiesparenden**, innovativen Verfahrens des Erwärmungs- und Umformungsprozesses zur Herstellung von Parabellenkern für LKW-Sattelaufleger und Anhänger. Dazu sollte die Verfahrensfolge so gestaltet werden, dass eine Integration von bisher getrennten Erwärmungs- und Umformungsprozessen zu einer verkürzten Verfahrensfolge mit dem Ziel realisiert wird, eine großtechnische Produktion von Parabellenkern mit deutlich gesteigerter Energie- und Materialeffizienz sowie verbesserter Produktqualität aufzubauen.

Konzept

In dem Projekt ist der **Erwärmungs- und Umformprozess** von Parabellenkern neu gestaltet worden, so dass die genannten Nachteile bei der Herstellung deutlich reduziert werden konnten. Dazu wurden die drei bisher getrennten Erwärmungsschritte zu einem Aufheizprozess zusammengefasst und alle sich daran anschließenden Warmformgebungsprozesse in einer verkürzten Prozesskette zusammengeführt. Die insgesamt auf zwei Erwärmungsschritte verkürzte Prozessfolge zur Substitution der vorher beschriebenen Ablaufschritte wird im Folgenden dargestellt.

EnRed - Verfahren

Produktionsanlage

Die neu entwickelte Prozesskette kann nicht mit herkömmlichen Produktionsanlagen realisiert werden. Das Schomäcker Federnwerk hat für das neu entwickelte Verfahren in eine neue Parabelkerlinie investiert, die im Herbst 2008 in Betrieb genommen worden ist.

Zur Realisierung des verkürzten Ablaufes mit nur einmaliger Erwärmung bis zum Härten ist es erforderlich, dass das Werkstück noch ausreichend hohe Temperatur für den Härteprozess aufweist. Abhängig von den Legierungsanteilen beträgt diese ca. 830 °C. Dazu ist eine ausreichend hohe Ausgangstemperatur erforderlich.

Da die Aufheizung auf Temperaturen von über 1.000 °C oxidative Prozesse begünstigt, wie Randzonenentkohlung und Verzunderung, ist eine sehr kurze Erwärmungsphase anzustreben, die mittels Induktion oder Konduktionsaufheizung realisiert werden kann. Im Projekt ist die Entscheidung für die Induktionserwärmung getroffen worden.

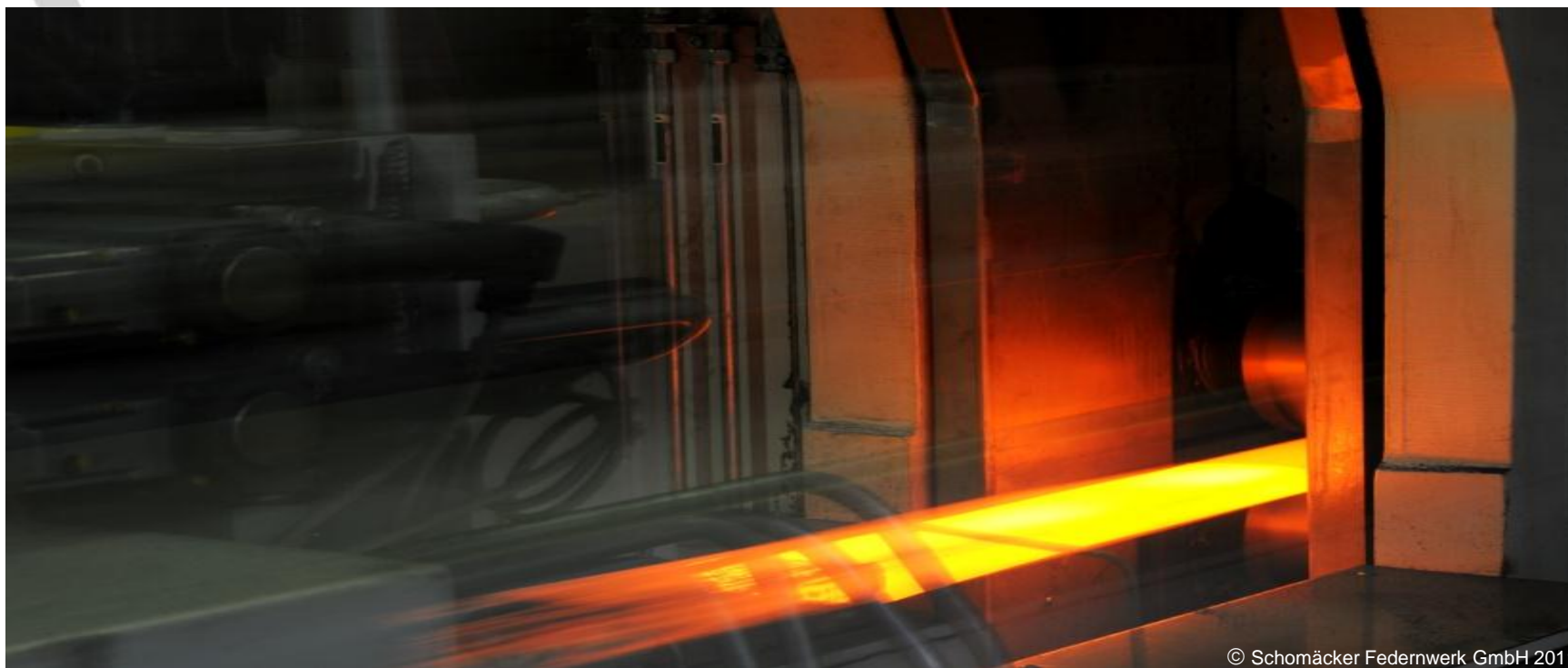
Als zweite Voraussetzung ist die Begrenzung der Durchlaufzeit von der Erwärmung bis zur Abhärtung zu nennen, damit sich das Bauteil während der Bearbeitungszeit nicht zu stark abkühlt. Hierzu ist eine neue Parabelwalze als zeitkritische Anlagenkomponente entwickelt worden. Sie ist in der Lage, beide Seiten der Lenkerfeder in einem Prozess auszuwalzen.

Fertigungsablauf einer Lenkerfeder mit dem EnRed-Verfahren



EnRed - Fertigungsablauf

Schneiden
1. Auswalzung
2. Auswalzung
1. Endenbearbeitung
2. Endenbearbeitung
Auge rollen
Formgebung und Vergüten



EnRed - Fertigungsablauf



SCHOMÄCKER 
FEDERWERK

EnRed - Verfahren

Energiebedarf

In diesem Abschnitt wird der Energiebedarf des im Projekt „EnRed-Verfahren für Parabellenker“ entwickelten Prozessablaufes einem konventionellen Herstellprozess gegenübergestellt.

Konventionelle Fertigung

Die konventionelle Fertigung von **Parabellenkern** bis zur Primärhärtung beinhaltet folgende drei Erwärmungsvorgänge

- Erwärmung des vorderen Lenkerarms
- Erwärmung des hinteren Lenkerarms
- Erwärmung des gesamten Lenkers

Aufgrund der mehrmaligen Erwärmung von Materialzonen, die prozessbedingt gar nicht erwärmt werden müssen, ist in der industriellen Praxis ein höherer Energieverbrauch als theoretisch notwendig erforderlich. Zusätzlich führt der dritte Aufheizvorgang zu weiterer Energie-Ineffizienz. Darüber hinaus wird weiterer Energiebedarf zum Halten des Temperaturniveaus im Ofen gegenüber der Umgebung benötigt, bedingt durch Strahlung und Konvektion über die Ofenfläche und die einseitig offenen Gasöfen.

EnRed - Verfahren

Energiebedarf

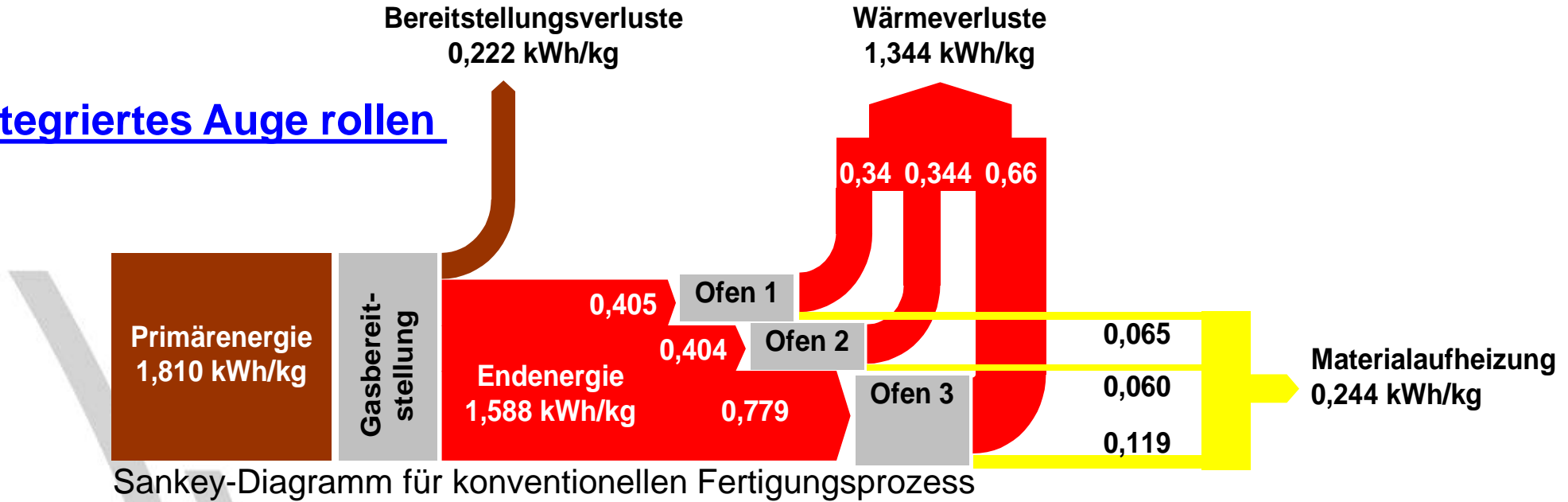
Der beim EnRed-Verfahren entwickelte Prozessablauf ermöglicht die Durchführung **sämtlicher Umformungsschritte nach dem einmaligen Erwärmen** des kompletten Werkstückes und vermeidet somit das mehrmalige Erhitzen einzelner Materialzonen. Durch den Einsatz eines Induktionsofens reduziert sich der Energieverlust durch Konvektion und Abstrahlung deutlich gegenüber einem konventionellen Gasofen.

Wie bereits beschrieben, benötigt die Herstellung von Parabellenkern mit der EnRed-Verfahrenskette bis zur Primärhärtung nur einen einzigen Erwärmungsschritt. Die bisher durchgeführten Versuche sind mit **Austenitisierungstemperaturen** zwischen 1.000°C und 1.250°C durchgeführt worden. Innerhalb des Projektes konnte das EnRed Verfahren so weit entwickelt werden, dass alle Werkstücke bei maximal 1.080 – 1.100 °C prozesssicher hergestellt werden konnten.

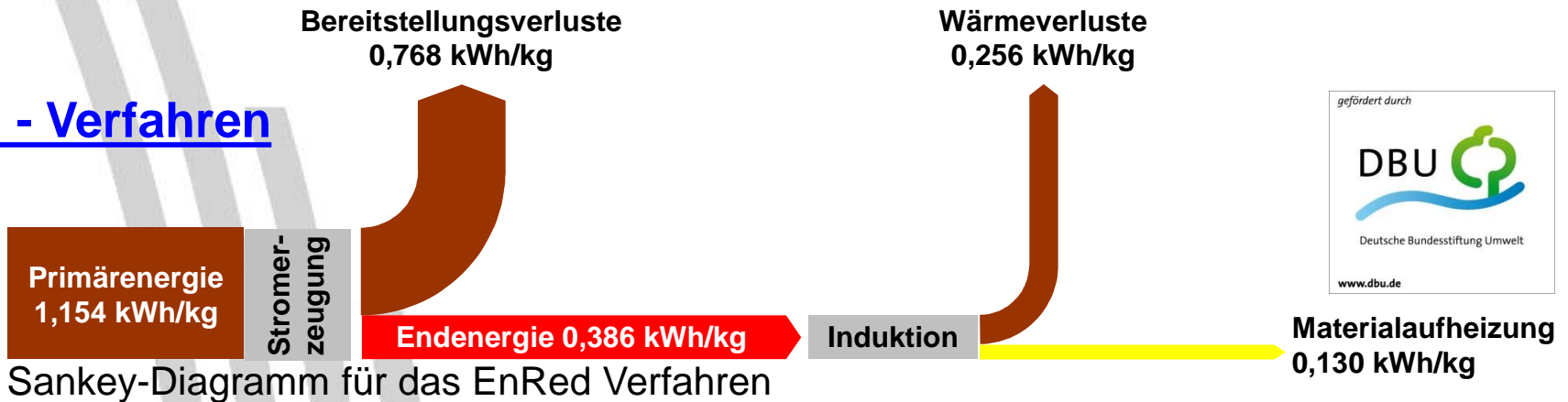
Zum Energievergleich wird beim konventionellen Verfahren die Mittellocherwärmung nicht berücksichtigt.

Vergleich der Energiebilanzen

Integriertes Auge rollen

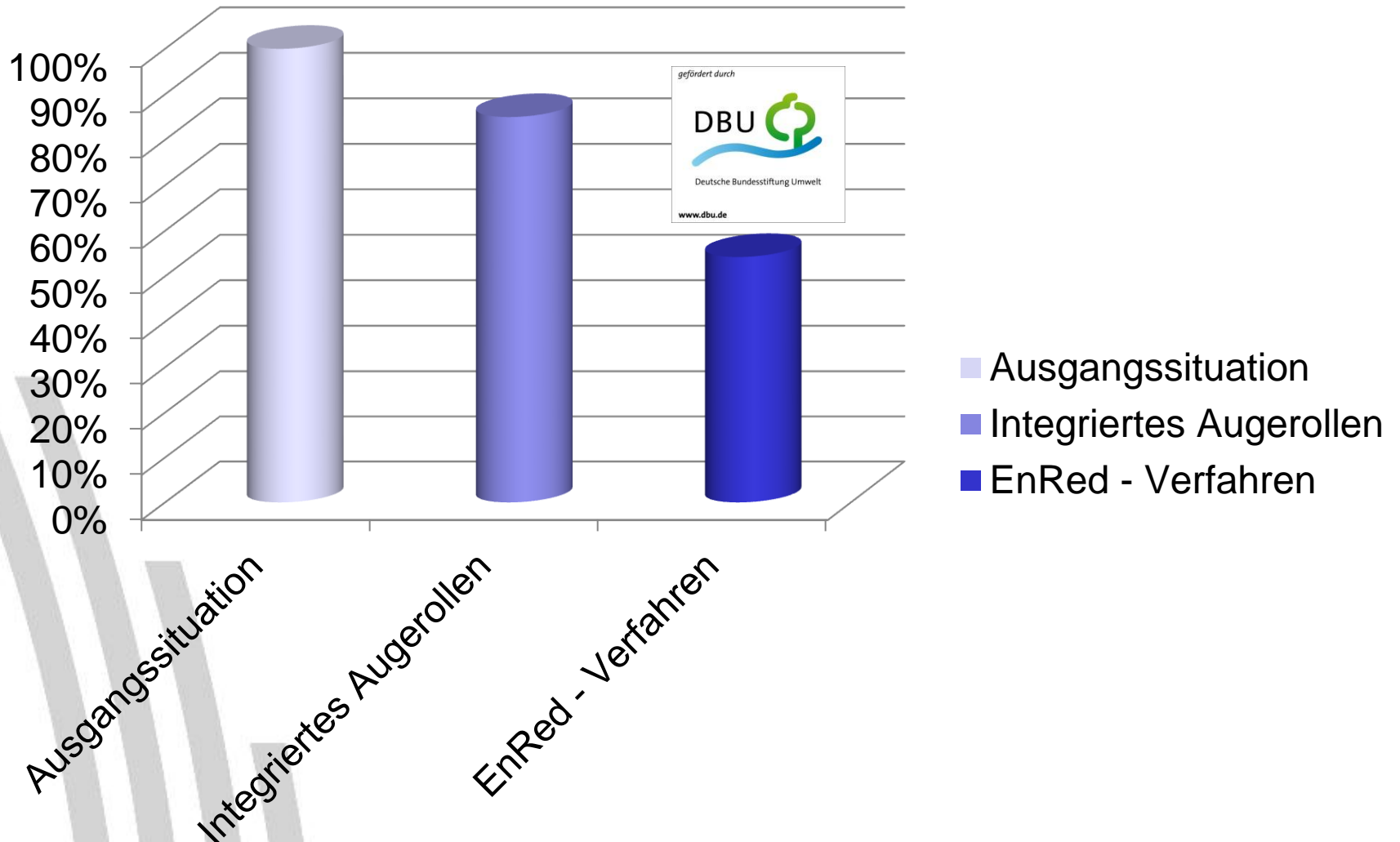


EnRed - Verfahren



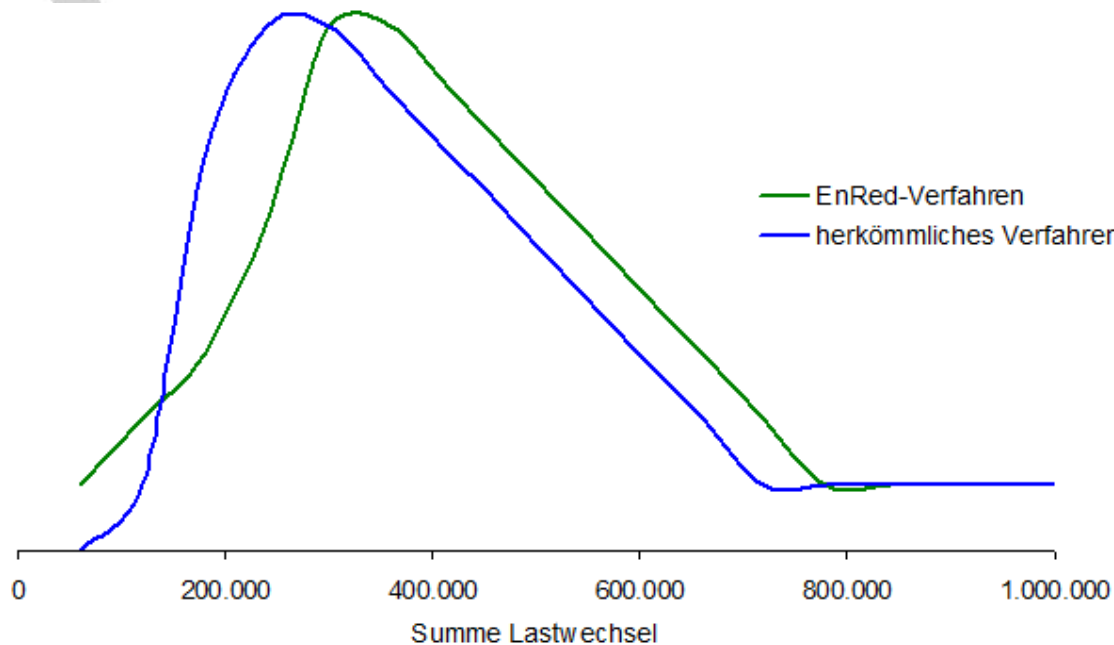
Vergleich verschiedener Produktionsverfahren

Vergleich der Energieverbräuche

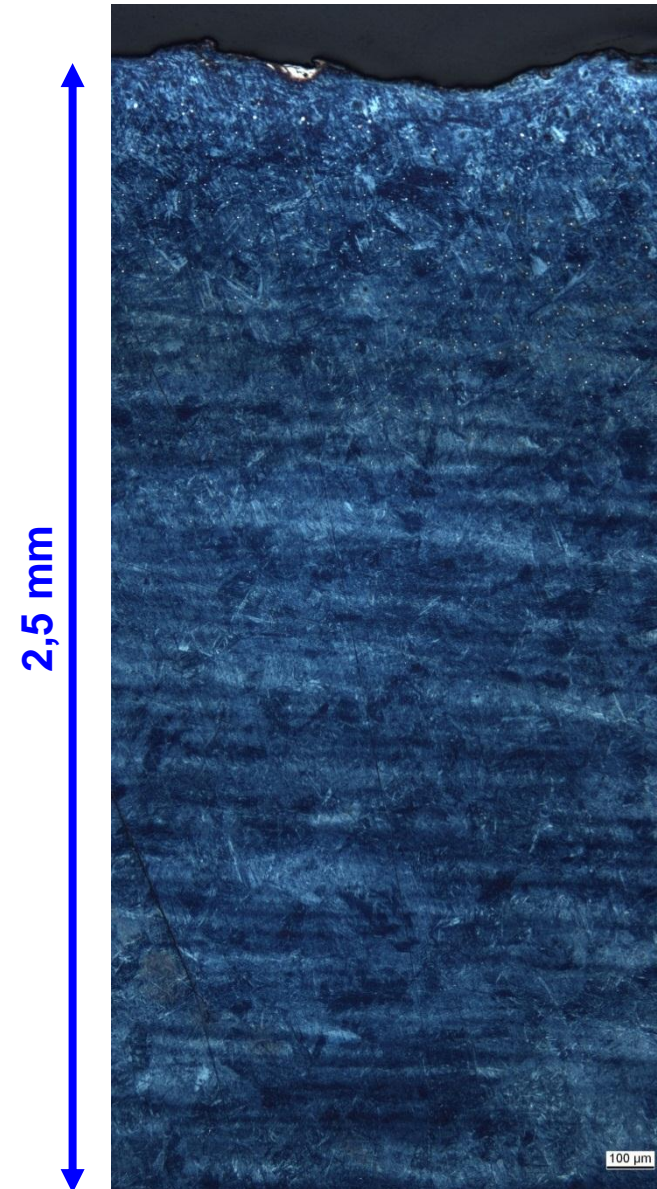


Auswirkungen von EnRed auf die Produkteigenschaften

Die EnRed-Prozesskette führt zu einer Materialverfestigung, die im Schlibbild in Form einer deutlichen Randzeitigkeit nachgewiesen werden kann. Durch die sehr kurze Erwärmungszeit vergrößert sich die Randzonenentkohlungstiefe nicht gegenüber der des Vormaterials. Zugversuche haben ergeben, dass eine größere Bruchreserve als beim konventionellen Verfahren entsteht. Wie in der Weibull-Verteilung zu erkennen ist, führt das EnRed-Verfahren zu einer verbesserten Lebensdauer.



Weibull-Verteilung der Lebensdauerprüfungen



Fazit

Mit EnRed ist ein innovatives, energiereduziertes Verfahren für den Erwärmungs- und Umformungsprozess von Parabel-Lenkerfedern durch Verkürzung der Verfahrenskette entwickelt worden. Die zu Projektbeginn gesteckten Energieeinsparziele sind vollständig erreicht worden. Damit verbunden sind entsprechende Reduktionen des CO₂-Ausstoßes.

Gleichzeitig konnten mit der neu entwickelten Verfahrenskette die Produkteigenschaften verbessert werden, was weitere Potenziale für Energieeinsparungen mit sich bringt. In der Zukunft bestehen sehr gute Aussichten, unter Ausnutzung aller Eigenschaften des Werkstoffes Stahl weitere Potenziale zur energieeffizienten Prozessgestaltung zu erschließen.

Erst mit der Berücksichtigung der bis 15% gestiegenen Lebensdauer der Lenker die mit dem EnRed – Verfahrens hergestellt wurden, wird das gesamte Einsparpotenziale der neuen Verfahrenskette bewertbar.