

100
BETRIEBE
FÜR
**RESSOURCEN-
EFFIZIENZ**
BADEN-WÜRTTEMBERG

OBE Ohnmacht & Baum-
gärtner GmbH & Co. KG
Ispringen

100 Betriebe für Ressourceneffizienz

Exzellenzbeispiele in Baden-Württemberg aus allen Teilen der Wirtschaft

**Praxisbeispiel der
OBE Ohnmacht & Baumgärtner GmbH & Co. KG**

REProMag – Ressourceneffiziente Produktion von Magneten

OBE Ohnmacht & Baumgärtner GmbH & Co. KG, Ispringen

Technik/Verfahrenstechnologie:
Metallpulverspritzguss, 3D-Druck

Maßnahme:

Entwicklung und Umsetzung eines Verfahrens zum Magnetrecycling im industriellen Maßstab

Ausgangslage und Zielsetzung

Die 1904 gegründete Firma OBE Ohnmacht & Baumgärtner GmbH & Co. KG mit Hauptsitz in Ispringen im Nordschwarzwald gehört zu den führenden Herstellern komplexer, im Metallpulverspritzgussverfahren gefertigter Bauteile. Seit dem Jahr 1996 werden für die Branchen Automotive, Luftfahrt, Telekommunikation und Feinmechanik kleinste, hochkomplexe Metallbauteile in Serie hergestellt, die herkömmlich nicht oder nur unwirtschaftlich herstellbar wären. OBE setzt mit dieser Technologie stetig neue Maßstäbe, z. B. mit der Entwicklung spezieller Materialien für die Technologie des Metallpulverspritzgusses (Metal Injection Moulding, MIM).

Die Herstellung von Magneten auf Basis von Neodym und anderen geeigneten Metallen, den so genannten Seltenen Erden, ist ein höchst ressourcenintensiver Prozess. Zum Abbau und Aufschluss der Erze werden eine Reihe giftiger Chemikalien eingesetzt, bevor der nutzbare Rohstoff, ein metallisches Pulver, für die weitere Verarbeitung zur Verfügung steht. Außerdem steigt die weltweite Nachfrage nach diesen Materialien mit der weiter fortschreitenden Nutzung von Sensoren, Generatoren und Elektromotoren in Elektrogeräten, zur Energiegewinnung und in Mobilitätsanwendungen. Aus wirtschaftlicher Sicht ist besonders bedeutend, dass über 90 % der Seltenen Erden in China abgebaut werden, wobei eine restriktive Exportpolitik und volatile Preisgestaltung europäischen und deutschen Firmen den Zugang zu den Seltenen Erden erschweren.

Ziel des Projekts ist es, Neodym-Eisen-Bor-Magnete (NdFeB-Magnete) aus ausgedienten Gebrauchsgütern wiederzuverwerten. Dies geschieht durch Herstellung und Aufbereitung

eines rezyklierten NdFeB-Pulvers, das zu neuen magnetischen Komponenten verarbeitet werden kann. Damit wird ein geschlossener Materialkreislauf geschaffen und eine Unabhängigkeit vom asiatischen Markt erreicht.

Idee

Im Projekt „REProMag“ (Resource Efficient Production of Magnets) sollte die Entwicklung und Industrialisierung eines höchst energie- und materialeffizienten Prozesses vorangetrieben werden, um aus den recycelten NdFeB-Pulvern geometrisch komplexe Bauteile in großer Stückzahl herstellen zu können. Dabei sollte die Formgebung entweder durch Spritzgießen oder 3D-Drucken einer mit dem Magnetpulver gefüllten Kunststoffmatrix erfolgen. In nachgeschalteten Prozessen, dem Entbindern und Sintern, wird der Kunststoff dem Bauteil wieder entzogen, um ein dichtes, magnetisches Bauteil zu erhalten. Dieser Prozess wird als SDS-Verfahren (Shaping, Debinding and Sintering) bezeichnet.

Herausforderung

Die Herausforderung besteht in der Auslegung der Prozesskette, d. h., der Abstimmung der Prozessschritte Pulverherstellung, Aufbereitung der spritzgieß- bzw. druckfähigen Formmasse, Entbindern und Sintern. Dabei wird das Ziel verfolgt, aus dem rezyklierten Pulver einen in seinen Eigenschaften mit Neumaterial vergleichbaren Magneten zu erhalten. Im Gegensatz zu vielen gängigen Werkstoffen neigt NdFeB im Pulverzustand schon bei Raumtemperatur stark zur Aufnahme von Sauerstoff aus der Atmosphäre. Dies kann einerseits die Materialeigenschaften stark verschlechtern, andererseits auch zu sicherheitstechnischen Schwierigkeiten aufgrund einer erhöhten Brandgefahr führen.

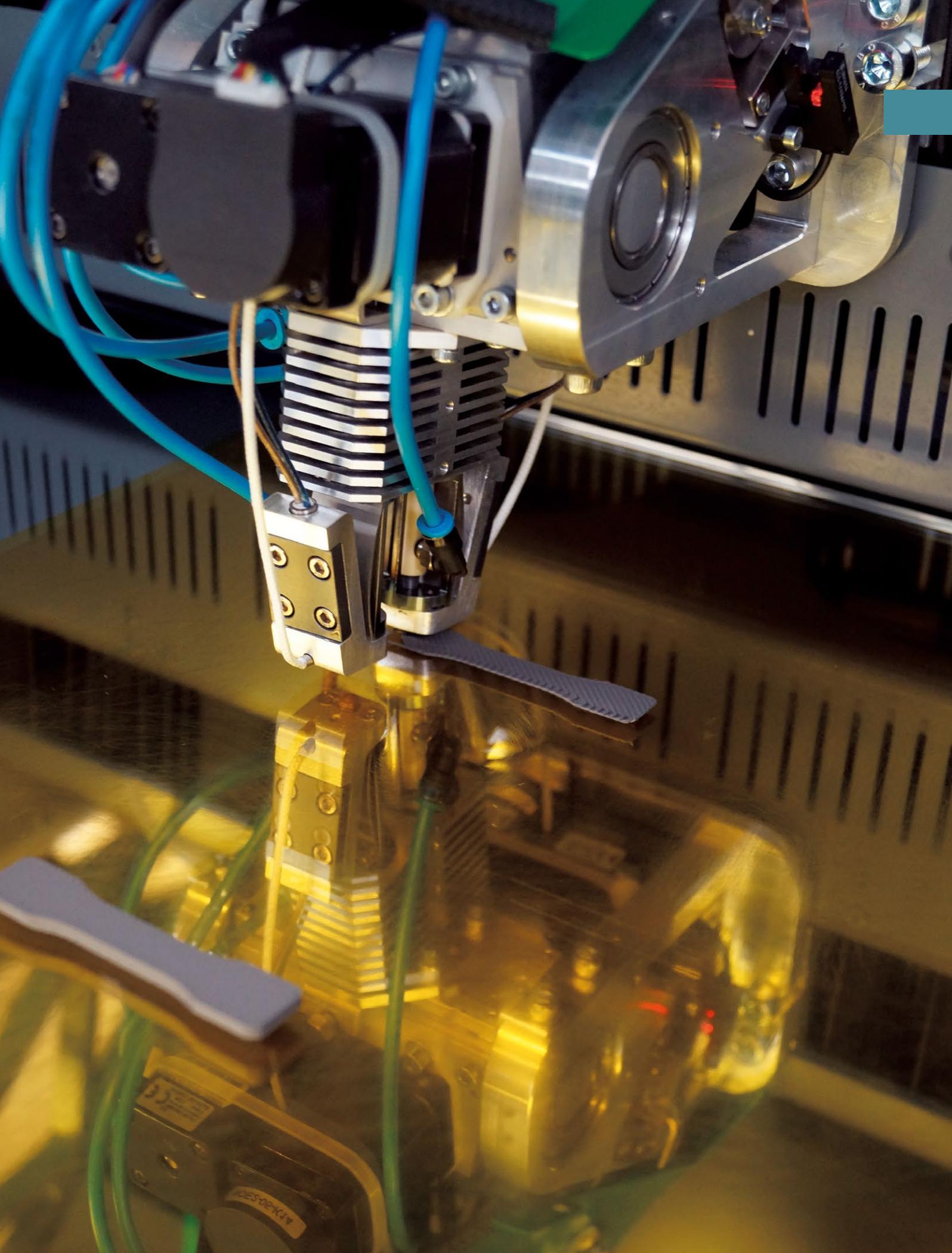


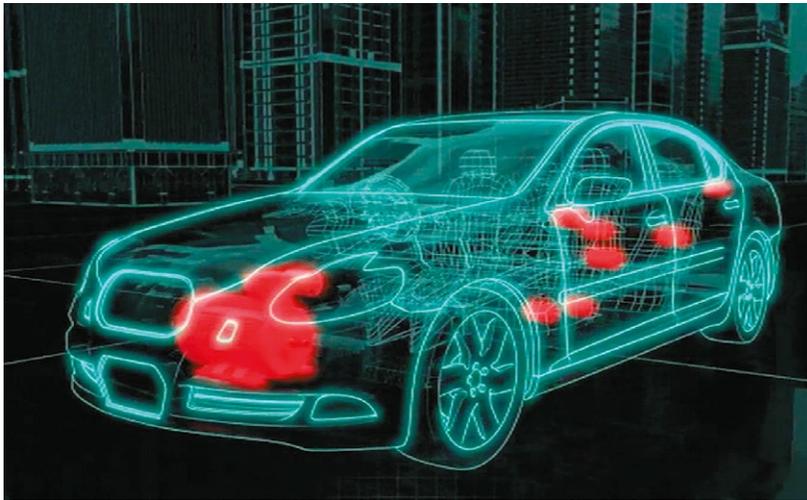
NdFeB-Magnete zeichnen sich durch außergewöhnlich hohe Haftkräfte aus



Der Metallpulverspritzguss (MIM) ermöglicht die Herstellung komplexer Magnetgeometrien

Bild rechts: 3D-Druck von Grünlingen zur Herstellung von NdFeB-Magneten





In Hybrid- und Elektrofahrzeugen werden zwischen 10 und 30 kg NdFeB-Magnete verbaut

Eine weitere prozesstechnische Herausforderung besteht in der Kontrolle des Kohlenstoffgehalts des Werkstoffs, der die magnetischen Eigenschaften ebenfalls negativ beeinflusst. Eine Kontaminationsquelle für das Pulver besteht im organischen Bindersystem, das sich beim Entbinderungsprozess (bei etwa 500 bis 600 °C) thermisch zersetzt und Kohlenstoff an das Metall abgeben kann. Schon eine Erhöhung des Kohlenstoffanteils im Bereich von einem Zehntelprozent kann dazu führen, dass die Magneteigenschaften des Materials verlorengehen.

Umsetzung

Im ersten Schritt der Prozesskette wird das Pulver hergestellt. Grundlage für das Recycling von Magnetkomponenten zu Pulver ist die hohe Reaktivität von Neodym mit Wasserstoff (H₂), welche den Prozess sehr stark erleichtert. Setzt man z. B. eine Computerfestplatte in einem geschlossenen Reaktor einer Wasserstoffatmosphäre aus und bewegt diese dabei in einer sich drehenden Trommel, so kann nach kurzer Zeit das NdFeB-Pulver in hydrierter Form am Reaktorboden aufgefangen und – nach Abpumpen des Wasserstoffs – entnommen werden. Nachdem etwaige Korrosionsbeschichtungen, wie z. B. galvanisch aufgebraachte Nickelschichten, mechanisch abgeseibt wurden, kann das gewonnene Pulver direkt für den Druck- oder MIM-Prozess verwendet werden.

Der zweite Schritt, die Herstellung des Feedstocks, erfolgt in einem vorgeheizten Knetmischer, in dem die Binderkomponenten aufgeschmolzen werden, bevor das recycelte NdFeB-Pulver zugeführt wird. Im Gegensatz

zur konventionellen Feedstockherstellung für den Metallpulverspritzguss müssen hierbei die Komponenten in einem mehrstufigen Prozess unter Schutzgasatmosphäre gemischt werden, um eine Kontamination des hydrierten Pulvers an der Luft zu vermeiden und die Pulverpartikel so im Feedstock einzubetten, dass beim nachfolgenden Spritzgießen eine Bildung von Nd-Oxiden prozesssicher vermieden werden kann.

Der dritte Schritt, die Formgebung der Bauteile, erfolgt durch das 3D-Drucken oder das MIM-Verfahren, wobei in beiden Fällen der oben beschriebene Feedstock als Ausgangsmaterial verwendet wird.

Im letzten Schritt in der Prozesskette wurde die Prozesstechnik des Entbinderns und Sinterns darauf ausgelegt, die Aufnahme von Kohlenstoff aus dem Bindersystem möglichst vollständig zu verhindern. Durch geeignete Wahl der Heizparameter und Gasatmosphären bzw. deren Umschaltpunkte konnten die Kohlenstoffgehalte in den Endprodukten von 0,2 % auf <0,1 % reduziert und damit eine Aufnahme aus Binderbestandteilen vollständig unterdrückt werden.

Einsparungen

Die Nutzung von Pulvern, die bis zu 100 % aus Rezyklat bestehen, bildet zusammen mit der beschriebenen Optimierung der Prozessführung die Grundlage für die ressourceneffiziente Herstellung von Magneten in einem geschlossenen Materialkreislauf ohne Fertigungsabfälle. So konnten z. B. endkontingente Demonstratoren für Elektromotoren gefertigt werden, bei deren bisheriger Fertigung über 90 % des NdFeB-Materials als Schleifabfall verloren gingen. Die hergestellten Recyclingmagnete zeigten dabei 95 % der Koerzitivfeldstärke des Neumaterials.

Erste Versuche zeigen, dass durch geringe Zusätze von Nd zum Recyclingmaterial die Werte des Neumaterials erreicht werden können. Die Entwicklung des REProMag-Fertigungsprozesses eröffnet die Möglichkeit, die umweltbelastende Erzgewinnung und -aufbereitung und damit das Anfallen toxischen Schlammes, der zum Eintrag von Schwermetallen ins Grundwasser führt, drastisch zu reduzieren. Mit der Realisierung des Verfahrens geht zudem, je nach Komplexität der Magnetgeometrie, ein hohes Einsparpotenzial in der Magnetproduktion selbst einher, da



Unter Wasserstoffeinfluss pulverisierter NdFeB-Magnet einer Computerfestplatte

komplexe Bauteile hergestellt werden können. Diese können in der bislang üblichen Press- und Sintertechnik nicht oder nur mit hohem Nachbearbeitungsaufwand, insbesondere Schleifen, dargestellt werden. Da die Formgebung endkonturnah bzw. endkonturgetreu erfolgt und somit spanende Nachbearbeitungsschritte entfallen können, kann neben dem enormen Einsparpotenzial an Rohstoffen auch eine geschätzte Energieersparnis im Fertigungsprozess von rund 30 % erreicht werden.

Auf Seiten der Magnettechnik bedeuten die komplexen Geometrien zudem neue Möglichkeiten der Führung des Magnetflusses, die zu weiteren Einsparungen von Material, Bau- raum und Gewicht bei gleicher oder höherer Leistung führen.

Lernziel

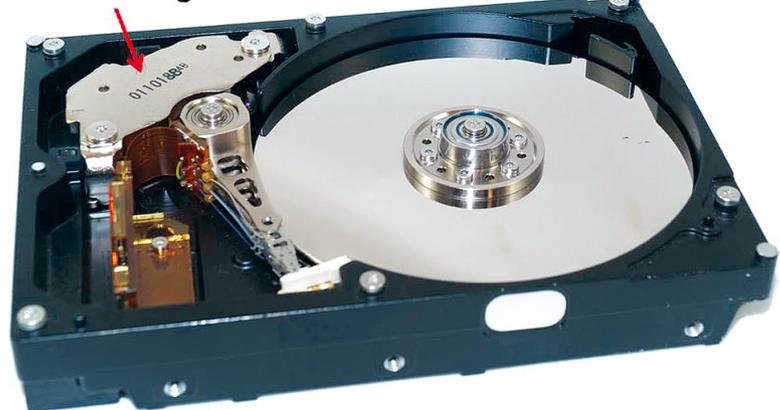
Das REProMag-Projekt zeigt die Leistungsfähigkeit des SDS-Verfahrens. Ausgehend von den im Projekt exemplarisch untersuchten Demonstratorbauteilen werden derzeit erste Serienanwendungen projektiert. Hierbei sollen Magnete aus Produkten rezykliert werden, die von Endverbrauchern an den jeweiligen Hersteller im Rahmen seiner Rücknahmeverpflichtung zurückgegeben wurden. Dieses Rezyklat soll anschließend zu neuen Magneten verarbeitet werden und in Nachfolgeprodukten zum Einsatz kommen. Um das SDS-Verfahren hersteller- und bauteilunabhängig zum Erfolg zu führen, wären allerdings die Einführung einer Kennzeichnungspflicht von Magneten und der Aufbau einer entsprechenden Recycling-Infrastruktur seitens des Gesetzgebers wünschenswert. Alle Vorteile des Prozesses werden nur unter Verwendung von Sekundärmaterial ausgeschöpft. Doch auch beim Einsatz von Primärmaterial führt der Prozess zu Material- und Energieeffizienzsteigerungen in der Herstellung.

Unternehmen

OBE Ohnmacht & Baumgärtner GmbH & Co. KG in Ispringen führt das REProMag-Projekt im Rahmen eines Konsortiums, das aus 14 Partnern aus fünf europäischen Ländern besteht. Davon sind fünf Partner Universitäten bzw. Forschungseinrichtungen, fünf Partner kleinere und mittlere Unternehmen (KMU), drei Partner sind Großunternehmen und ein Partner ist Forschungsdienstleister.

Das Konsortium ist so zusammengestellt, dass die gesamte Prozesskette von der Gewinnung

NdFeB-Magnet



Als Rohstofflieferant für das REProMag-Projekt dienen Magnete ausgedienter Computerfestplatten



REProMag-Magnete können auf konventionellen Spritzgussmaschinen in Form gebracht werden

des Recyclingpulvers bis zur Herstellung von Demonstratorbauteilen abgebildet ist. Das Projekt wird im Rahmen des Calls „Factory of the Future FoF02-2014- Manufacturing processes for complex structures and geometries with efficient use of material“ der Forschungsförderung HORIZON 2020 der Europäischen Kommission unter der Grant Agreement Nummer 636881 gefördert.



OBE

Ohnmacht & Baumgärtner GmbH & Co. KG

Turnstraße 22

D-75228 Ispringen

www.obe.de

Prof. Dr. Carlo Burkhardt

cburkhardt@obe.de

Das Projekt „100 Betriebe für Ressourceneffizienz“ wurde von der Allianz für mehr Ressourceneffizienz zwischen den führenden Wirtschaftsverbänden des Landes Baden-Württemberg und der Landesregierung initiiert. Zu der Allianz gehören das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, der Landesverband der Baden-Württembergischen Industrie e.V. (LVI), der Baden-Württembergische Industrie- und Handelskammertag e. V. (BWIHK), der Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI), Landesverband Baden-Württemberg, der Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbauer Baden-Württemberg (VDMA) und der Zentralverband Elektrotechnik und Elektroindustrie (ZVEI), Landesstelle Baden-Württemberg.

Das Projekt wird gemeinsam vom Institut für Industrial Ecology (INEC) an der Hochschule Pforzheim und der Landesagentur Umwelttechnik BW durchgeführt. Die präsentierten Beispiele wurden sorgfältig geprüft und von einer Jury aus Mitgliedern der beteiligten Allianzpartner ausgewählt.

Die Initiative zeigt auf, wie Ressourceneffizienz konkret umgesetzt werden kann und welcher Nutzen damit verbunden ist. Sie unterstützt die bisherigen Aktivitäten zur Ressourceneffizienz im Land mit konkreten, vorzeigbaren Ergebnissen und bringt sie auf die operative Handlungsebene. Damit werden weitere Unternehmen zum Mitmachen motiviert.

Die 100 Exzellenzbeispiele entfalten über Baden-Württemberg hinaus Strahlkraft und unterstreichen die Leistungsfähigkeit der einheimischen Wirtschaft. Ziel ist es, die Exzellenzbeispiele repräsentativ, öffentlichkeitswirksam und beispielgebend hervorzuheben und darzustellen.

Weitere Informationen über das Projekt:

www.100betriebe.pure-bw.de

Kontakt zum Projektteam:

Prof. Dr. Mario Schmidt,
E-Mail: mario.schmidt@hs-pforzheim.de

Dr.-Ing. Hannes Spieth,
E-Mail: hannes.spieth@umwelttechnik-bw.de

Die Seiten sind ein Auszug aus dem Buch

Mario Schmidt, Hannes Spieth, Christian Haubach, Marlene Preiß, Joa Bauer: 100 Betriebe für Ressourceneffizienz, Band 2 – Praxisbeispiele und Erfahrungen. Verlag Springer Spektrum 2018.

www.springer.com/de/book/9783662567111

Die Arbeiten zu diesem Projekt wurden im Rahmen des Forschungsprojektes FZK L75 17001 mit Mitteln des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg gefördert.



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT