



FKM
ADDITIVE
MANUFACTURING

DIMENSIONICS DENSITY Modell M V1

Mehrwerte der automatisierten Dichtebestimmung für die Qualitätssicherung und Prozessbegleitung in der additiven Fertigung



PHONE

+49 38208 / 8850-70



EMAIL

info@dichtewaage.de
www.dichtewaage.de



ADDRESS

Neubrandenburger Str. 40A
DE 18196 Kessin

Einführung

FKM: Pionierarbeit in der additiven Fertigung durch den Einsatz der Dichtemesszelle von Dimensionics Density



Die FKM Sintertechnik GmbH ist seit über drei Jahrzehnten ein führendes Unternehmen im Bereich der additiven Fertigung. Mit Sitz in Biedenkopf, Deutschland, hat sich FKM auf die Herstellung hochwertiger, additiv gefertigter Metall- und Kunststoffbauteile spezialisiert. Als eines der ersten Unternehmen implementierte FKM die Dichtemesszelle der Dimensionics Density GmbH, um die Qualität und Zuverlässigkeit ihrer additiv gefertigten Bauteile signifikant zu steigern.

Herausforderungen bei der Dichtebestimmung nach Archimedes

Vor der Einführung der Dichtemesszelle war die Bestimmung der Dichte von Bauteilen für FKM ein äußerst zeitaufwändiger und kostspieliger Prozess. Die herkömmliche Methode basierte auf der Anfertigung von Schliffbildern zur Prüfung der Dichte als kritische Größe.



Dieser Ansatz war mit mehreren signifikanten Nachteilen verbunden:

- **Hoher Aufwand und begrenzte Dokumentationsmöglichkeiten:**

Die Erstellung von Schliffbildern erfordert einen erheblichen Zeit- und Ressourcenaufwand für Präparation und Analyse. Den eigenen Fertigungsprozess in der notwendigen Breite zu dokumentieren und eine umfassende Prozessanalyse durchzuführen ist dadurch wirtschaftlich nicht möglich gewesen.

- **Eingeschränkte Aussagekraft der Ergebnisse:**

Schliffbilder bieten nur einen begrenzten Einblick, da sie lediglich einen spezifischen Teilausschnitt des Bauteils darstellen. Um repräsentative Ergebnisse zu erzielen, müssten zahlreiche Segmente untersucht werden, was den Aufwand weiter erhöht und in der Praxis oft nicht realisierbar ist.

- **Fehlende Rückführbarkeit der Messergebnisse:**

Ohne den Einsatz von kalibrierten Normalen war es nicht möglich, die Messergebnisse rückführbar zu gestalten. Dies beeinträchtigte die Validität der Daten und erschwerte die Einhaltung von Qualitätsstandards sowie die Nachweisführung bei Audits.

Die Notwendigkeit präziser Dichtebestimmungen

Die präzise Bestimmung der Dichte ist essenziell, um Materialfehler frühzeitig zu erkennen, um diesen entgegenzusteuern. Materialfehler können sich in Form von Porositäten, Lunkern oder Einschlüssen manifestieren, die während des Fertigungsprozesses entstehen.

Diese Defekte resultieren häufig aus Prozessschwankungen, unzureichenden Prozessparametern oder Verunreinigungen im Ausgangsmaterial. Sie können die mechanischen Eigenschaften der Bauteile erheblich beeinträchtigen, was zu einer reduzierten Festigkeit, erhöhter Sprödigkeit oder sogar zum vorzeitigen Versagen unter Belastung führen kann.



Unzulänglichkeiten der Datenblätter der Ausgangsmaterialien

Ein weiteres Problem stellte die Unzulänglichkeit der Datenblätter der Ausgangsmaterialien dar. Diese Daten basieren häufig auf Laborbedingungen, die in Reinraumatmosphären oder unter streng kontrollierten Umgebungsbedingungen ermittelt werden.

Dabei wird stets reines Material ohne Verunreinigungen verwendet. In der realen Fertigungspraxis jedoch existieren unvermeidliche Schwankungen in den Materialchargen, bedingt durch Variationen in der Rohstoff-

qualität oder durch den Mischprozess verschiedener Chargen. Diese Schwankungen führen dazu, dass die in den Datenblättern angegebenen Kennwerte nicht direkt auf die realen Fertigungsbedingungen übertragbar sind.

Insbesondere bei Materialmischungen fehlen somit passende Kennwerte, was die Prozesssteuerung und Qualitätskontrolle zusätzlich erschwert.

Ursachen für Abweichungen und ihre Kontrolle



Die Qualität additiv gefertigter Bauteile wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst, die zu Abweichungen führen können:

Materialschwankungen:

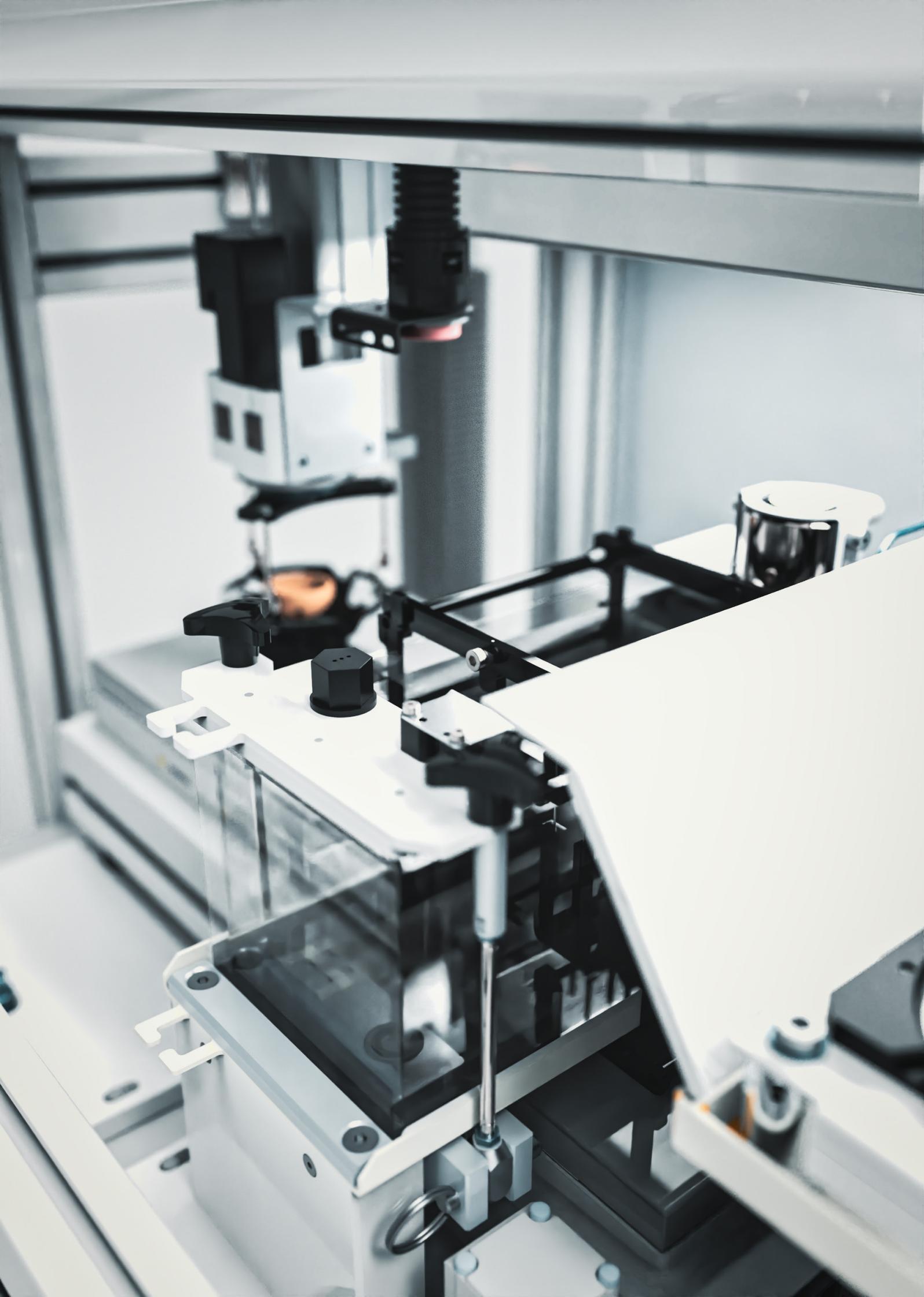
Variationen in der Materialzusammensetzung, insbesondere in Legierungselementen wie Nickel, können erhebliche Auswirkungen auf die Dichte und die mechanischen Eigenschaften haben. Diese Schwankungen entstehen durch Unterschiede in den Rohmaterialien und sind bei der Chargenproduktion unvermeidbar.

Prozessparameter und maschinelle Einflüsse:

Schwankungen in den Prozessparametern wie Laserleistung, Scangeschwindigkeit oder Schichtdicke können Inhomogenitäten und Defekte im Bauteil verursachen. Auch maschinelle Abweichungen durch Verschleiß oder unzureichende Kalibrierung spielen eine Rolle.

Chargenvermischung:

In der industriellen Praxis werden Materialchargen oft gemischt, was die Rückverfolgbarkeit und Kontrolle der Materialeigenschaften erschwert. Die Angaben aus Materialdatenblättern sind daher nicht immer zuverlässig auf die gemischten Chargen anwendbar.



Implementierung der Dichtemesszelle von Dimensionics Density

Um diesen Herausforderungen zu begegnen und tiefgreifende Erkenntnisse über den eigenen Fertigungsprozess zu gewinnen, entschied sich FKM für den Einsatz einer Dichtemesszelle der Modellreihe M von Dimensionics Density GmbH. Dieses hochpräzise Messsystem ermöglicht eine effiziente und präzise Bestimmung der Dichte von Bauteilen und stellt sicher, dass die Messergebnisse rückführbar und zuverlässig sind.

Im Kontext des selektiven Lasersinterns mit vollständig aufgeschmolzenem Material spielt die genaue Dichtebestimmung eine entscheidende Rolle. Durch die präzise Messung können Rückschlüsse auf die Materialhomogenität, die Qualität des Sinterprozesses und die Einhaltung der gewünschten Materialeigenschaften gezogen werden.

Zeitersparnis und Effizienzsteigerung durch den Einsatz der Dichtemesszelle

Der Hauptgrund für die Anschaffung der Dichtemesszelle war die erhebliche Zeitersparnis gegenüber der traditionellen Schliffbildanalyse. Während die Anfertigung und Auswertung von Schliffbildern sehr zeitintensiv ist und nur begrenzte Informationen liefert, ermöglicht die Dichtemesszelle eine schnelle und präzise Bestimmung der Dichte.

Mit einer relativ geringen Anzahl von Messungen (30–40) können bereits erste aussagekräftige

Daten gewonnen werden, die im weiteren Verlauf eine fundierte Prozessanalyse ermöglichen.

Versuche mit unterschiedlichen Bauteilgeometrien, sowohl mit glatten Oberflächen als auch mit porösen Strukturen, haben gezeigt, dass die Dichtemesszelle konstant zuverlässige Ergebnisse liefert. Dies unterstreicht die Flexibilität und Leistungsfähigkeit des Systems in verschiedenen Anwendungsszenarien.



Abbildung: Universalbauteilträger und Aushebeeinheit für die Wiegepositionen

Systematische Vorgehensweise zur Prozessanalyse und Wissensgewinnung

FKM hat eine systematische Methode entwickelt, um den Fertigungsprozess zu analysieren und kontinuierlich zu verbessern:

1. **Mitdruck von Zugstäben:** Bei jedem Fertigungsauftrag werden standardisierte Zugstäbe mitgedruckt, die als Prüfkörper dienen.
2. **Dichteuntersuchung der Zugstäbe:** Diese Zugstäbe werden hinsichtlich ihrer Dichte mittels der Dichtemesszelle untersucht, um Materialhomogenität und Prozessstabilität zu bewerten. Die Dichte dient dabei als Indikator für mögliche Materialfehler und Prozessabweichungen.
3. **Durchführung von Zugversuchen:** Ergänzend zur Dichtebestimmung werden mechanische Prüfungen durchgeführt, um die Zugfestigkeit und weitere relevante Materialeigenschaften zu ermitteln.
4. **Korrelation von Dichte und mechanischen Eigenschaften:** Die Ergebnisse der Dichteuntersuchungen und Zugversuche werden korreliert, um ein umfassendes Verständnis der Zusammenhänge zwischen Materialstruktur und mechanischer Performance zu erhalten. Mit diesen beiden Schlüsselwerten können alle relevanten Kenndaten und Eigenschaften eines Bauteils bestimmt werden.
5. **Erweiterte Analysen bei Auffälligkeiten:** Bei kritischen Befunden oder signifikanten Abweichungen werden zusätzliche Untersuchungen durchgeführt. Hierzu werden beispielsweise Würfel mitgedruckt und Schliffbilder angefertigt, um detaillierte mikrostrukturelle Analysen vorzunehmen.

Diese systematische Vorgehensweise ermöglicht es FKM, den Fertigungsprozess umfassend zu dokumentieren und zu verstehen. Durch die hohe Anzahl an Messdaten können statistisch signifikante Aussagen getroffen und der Prozess gezielt optimiert werden.

Einhaltung von Qualitätsstandards und Normen

Die Dichtemesszelle von Dimensionics Density ist mit einem kalibrierten Normal ausgestattet, das eine Verifizierung und Rückführbarkeit der Messergebnisse ermöglicht. Dies ist insbesondere für die Arbeit nach internationalen Normen wie ISO 17025 (Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien) und ISO 9001 (Qualitätsmanagementsysteme) von großer Bedeutung. Die Rückführbarkeit der



Messergebnisse stellt sicher, dass diese international anerkannt sind und den höchsten Qualitätsstandards entsprechen. Dies ist bei Audits und Zertifizierungen von entscheidendem Vorteil, da es die Nachweisführung erleichtert und das Vertrauen in die Messergebnisse stärkt.

Optimierung der Prozessvalidierung und Qualitätskontrolle

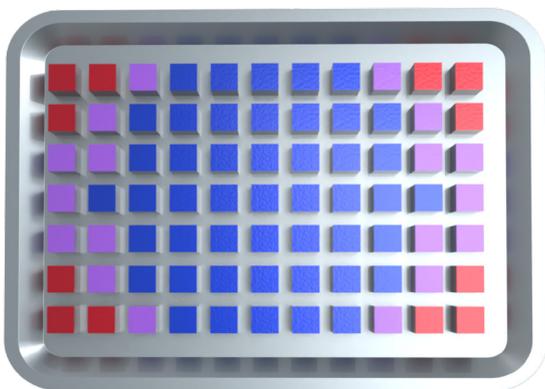


Abbildung: Abweichungen bei der Wärmebehandlung auf Grund der Wärmeverteilung im Ofen (rot: starke Abweichungen, lila: leichte Abweichungen, blau: keine Abweichungen)

Für die Prozessvalidierung nutzt FKM die gewonnenen Dichtewerte, um Nominalwerte festzulegen und eigene Spezifikationen zu erstellen. Dabei wird die Positionierung der Zugstäbe im Sinterofen berücksichtigt, da diese die Ergebnisse beeinflussen kann—zum Beispiel, ob sie im Schmauchbereich oder außerhalb platziert sind. Die Verwendung von Mittelwerten anstelle von Einzelwerten ermöglicht eine statistisch valide Bewertung des Prozesses und reduziert die Auswirkungen zufälliger Abweichungen.



Ergebnisse und zukünftige Ausrichtung

Nach einem Jahr intensiver Nutzung der Dichtemesszelle hat FKM ausreichend Erkenntnisse gesammelt, um den Einsatz von Schlibfbildern erheblich zu reduzieren. Die schnelle und zuverlässige Dichtebestimmung hat sich als effektives Instrument erwiesen, um Materialfehler frühzeitig zu erkennen und den Fertigungsprozess zu optimieren. In naher Zukunft plant das Unternehmen, vollständig auf die zeitaufwändige Schlibfbildanalyse zu verzichten und sich auf die effizienten und rückführbaren Messungen der Dichtemesszelle zu verlassen.



Abbildung: Version 2 der Modellreihen „L“ (links) und „M“ (rechts) bieten neue Funktionen und Möglichkeiten.

Fazit

Die Integration der Dichtmesszelle von Dimensionics Density hat es FKM ermöglicht, den Fertigungsprozess signifikant zu optimieren, die Produktqualität zu steigern und gleichzeitig Zeit und Ressourcen einzusparen. Durch die Kombination von präziser Dichtbestimmung und mechanischer Prüfung konnte FKM einen wissenschaftlich fundierten Ansatz zur Qualitätskontrolle etablieren, der den Anforderungen moderner industrieller Fertigung entspricht.

Die Möglichkeit, Messergebnisse rückführbar zu gestalten und internationale Qualitätsstandards einzuhalten, stärkt die Position von FKM als führendes Unternehmen in der additiven Fertigung. Die gewonnenen Erkenntnisse und optimierten Prozesse tragen dazu bei, dass FKM auch in Zukunft innovative und qualitativ hochwertige Lösungen anbieten kann.

Die Pionierarbeit von FKM demonstriert eindrucksvoll, wie moderne Messtechnik einen entscheidenden Beitrag zur Weiterentwicklung der additiven Fertigung leisten kann. Andere Unternehmen können von diesen Erfahrungen profitieren und ähnliche Ansätze verfolgen, um ihre eigenen Prozesse zu verbessern und den steigenden Anforderungen an Qualität und Effizienz gerecht zu werden.





Wir bedanken uns herzlich für Ihr Interesse.
Sollten Sie Fragen, Anregungen oder Wünsche
haben, beantworten wir diese sehr gerne.

Kontaktieren Sie uns!

DIMENSIONICS DENSITY

Neubrandenburger Str. 40A
18196 Kessin bei Rostock

Tel. 038208 - 821705

E-Mail info@dichtewaage.de

www.dichtewaage.de

www.dimensionics.de

