

Verschleißuntersuchungen an Übergabestellen von Gurtförderanlagen

Vorteile von Feststoffturbinen

Übergabestellen sorgen für den Transfer unterschiedlicher Schüttgüter von einem Gurtförderer auf einen anderen. Dort kommen verschiedenste Schurrenkonstruktionen zum Einsatz, wodurch die Schüttgutübergabe möglichst optimal gestaltet werden kann. Je nach Art des Schüttgutes sind diese Schurren erheblichem Verschleiß ausgesetzt. Im Zuge eines von der EU geförderten Forschungsprojektes¹ wird an Übergabeschurren geforscht, welche möglichst wenig Staub emittieren.

Dipl.-Ing. Dr. mont. Michael Prenner, Dipl.-Ing. Christoph Grübler und Dipl.-Ing. Sonja Zeiler

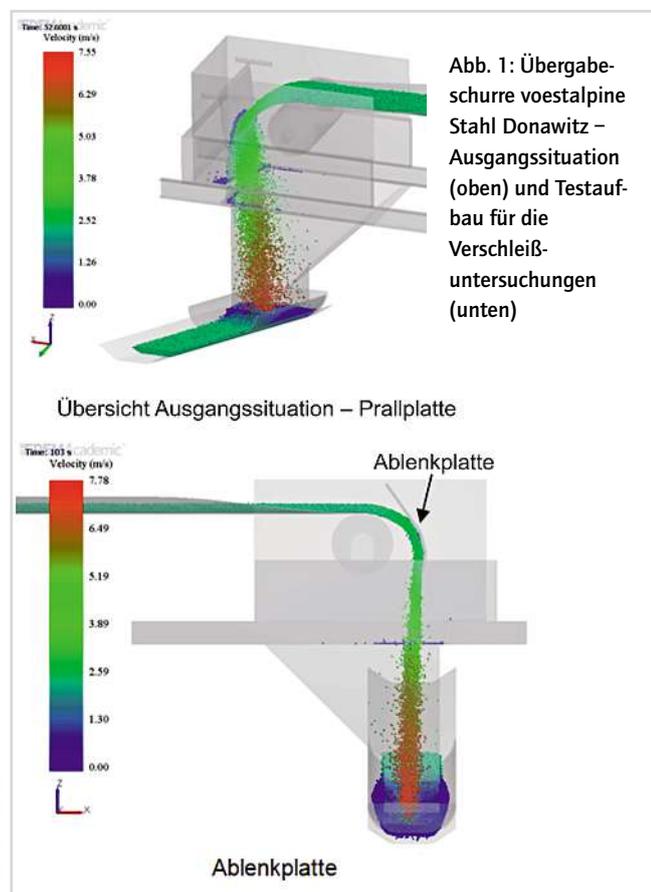
Das zu transportierende Schüttgut ist in diesem Fall Eisenerz in den unterschiedlichsten Formen wie Feinerz, Stückerz, Pellets aber auch HBI (Hot Briquetted Iron). Um eine staubarme Schurre zu entwickeln, muss im Vorfeld eine entsprechend lange Standzeit realisierbar sein, damit ein wirtschaftlicher Betrieb möglich ist. Zur Ermittlung einer optimalen Materialpaarung (Eisenerz –

Schurrenauskleidung) hinsichtlich der Schurrenstandzeit, werden derzeit Langzeituntersuchungen mit verschiedensten Verschleißschutzmaterialien an einer Übergabestelle im Hochofenbetrieb der voestalpine Stahl Donawitz in Österreich durchgeführt. Alternativ zu herkömmlichen Übergabeschurren bzw. Übergabeeinrichtungen können sogenannte Feststoffturbinen eingesetzt werden. Feststoffturbinen sind Energierückgewinnungseinrichtungen, welche an Übergabe-, Abgabe- oder Aufgabestellen Energie aus bewegten Schüttgütern in Form mechanischer oder elektrischer Energie (ähnlich einer Wasserturbine bzw. eines Wasserrades) an das System zurückliefern können. Anhand erster Untersuchungsergebnisse werden die Verschleißvorteile von Feststoffturbinen im Vergleich zu herkömmlichen Übergabeschurren bzw. Übergabeeinrichtungen verdeutlicht.

¹Prevention of secondary dust emissions in ironmaking plants using dust suppressants (Research Fund for Coal and Steel, Projektnummer RFSR-CT-2015-00027)

In der Ausgangssituation (Abb. 1. oben) handelt es sich um eine 90° Übergabe mit 16° ansteigendem Abzugsband und einem horizontalen Abwurfband. Beide Gurtförderer haben eine Fördergeschwindigkeit von 2,4 m/s und eine Gurtbreite von 1000 mm. Die Übergabehöhe beträgt 3125 mm und der maximale Massenstrom ca. 938 t/h = 260,6 kg/s. Die Schurre besteht aus einer geneigten Prallplatte und einer Einhausung. Das Schüttgut wird an der Prallplatte abgebremst, in die Vertikale umgelenkt und schlägt anschließend direkt auf den Gurt auf. Der Schüttgutstrom wird durch die Prallplatte aufgeweitet und gravitationsbedingt wieder beschleunigt, wodurch erhöhte Staubbelastung entsteht. Durch eine geeignete Schurrenkonstruktion kann eine deutliche Verbesserung des Staubaustrittes aus der Schurre realisiert werden (Abb. 2).

Aus Gründen der einfachen Herstellbarkeit und aus Platzgründen wurde entschieden, die Schurre für diesen Kurzzeitversuch als Schweißkonstruktion aus 10 mm Hardox 400 Verschleißschutzplatten aufzubauen. Das verwendete Verschleißmaterial wies allerdings eine zu geringe Standzeit auf, wodurch zu wenig Staubdaten gesammelt werden konnten (erforderliche Standzeit drei Wochen, Totalausfall bereits nach neun Tagen). Aus diesem Grund wird derzeit nach einem deutlich standfesteren Verschleißschutzmaterial zur Schurrenauskleidung gesucht, um aussagekräftige Daten bezüglich der Staubreduktion generieren zu können. Zur Ermittlung eines passenden Verschleißschutzmaterials werden derzeit Langzeittests durchgeführt. Hierzu wurde der in Abb. 1 unten dargestellte Versuchsaufbau entwickelt. Dazu wird eine Ablenkplatte in die bestehende Übergabeschurre eingebaut, welche mit unterschiedlichen Verschleißschutzmaterialien bestückt werden kann. Die Ablenkplatte lenkt das Schütt-



gut in die Vertikale um und wird dabei erheblichem Verschleiß ausgesetzt. Ziel dieser Untersuchungen ist es festzustellen, ob ein Verschleißschutzmaterial am Markt erhältlich ist, welches mehrere Monate Standzeit aufweist. Hohe Standzeiten sind erforderlich, um einen wirtschaftlichen Betrieb einer staubarmen Schurre zu ermöglichen. Die zum Einsatz kommenden Testanlagen wurden alle unter Einsatz der „Diskrete Elemente Simulation“ entwickelt, wobei Verschleißmodelle miteinbezogen wurden. Für die Verschleißsimulationen wurde das Programm EDEM der Firma DEM Solutions verwendet. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden anschließend mit dem Verschleißverhalten von Feststoffturbinen verglichen, woraus sich neue Erkenntnisse ableiten lassen.

Verschleißuntersuchung – Ausgangssituation

Als Basis für alle Verschleißuntersuchungen wurde die Ausgangssituation mit der einfachen Prallplatte herangezogen. Alle Simulationen wurden mit den gleichen Simulationsparametern, der gleichen Oberflächennetzgröße und einer Betrachtungszeit von 50 Sekunden durchgeführt. Die Parameter basieren auf den Eigenschaften von Eisenerzpellets, welche in Kontakt mit den Hardox 400 Verschleißplatten treten. Für die Analyse des Verschleißortes und der Verschleißintensität wurde das Archard-Verschleißmodell so wie die tangentielle kumulative Kontaktenergie und die normale kumulative Kontaktenergie herangezogen [vgl. EDEM 2017 User Guide: Creator]. Als Verschleißkonstante W für die Berechnung des Archard-Verschleißes wurde ein Wert von $5,6 \cdot 10^{-9} \text{ Pa}^{-1}$ verwendet, allerdings ohne Verifikation, da er nur für eine vergleichende Untersuchung herangezogen wurde. Als Ergebnis der Archard-Verschleißanalyse wird der Materialabtrag in mm ausgegeben.

Die Verschleißposition an der realen Verschleißplatte stimmt mit den Simulationsergebnissen überein. Der maximale Abtrag an Hardox im Zeitraum vom 18. Mai bis 6. Juni 2018 beträgt 7,5 mm. Dabei haben 139 829 t Eisenerz die Prallplatte passiert. Die im Nachfolgenden beschriebenen Schurren wurden mit 10 mm Hardox Platten ausgestattet und bis zum Durchbruch (Loch) des Materials belastet. Aus diesem Grund ist es erforderlich, den Durchsatz von 139 829 t bei 7,5 mm Verschleiß auf 10 mm hochzurechnen. Das Ergebnis ist in diesem Fall 186 439 t. Dieser Wert dient als Basis für die folgenden Lebensdaueruntersuchungen.

Verschleißuntersuchung – staubarme Schurre

Die staubarme Schurre besteht im Wesentlichen aus einer Ablenkschurre, die das Schüttgut in die Vertikale ablenkt und einem sogenannten „Spoon“, welcher das Schüttgut in Richtung des Abzugsbandes umlenkt und es auf dieses aufgibt (vgl. Abb. 2). Die Schurre wurde so gestaltet, dass der Schüttgutstrom unter dem zur Verfügung stehenden Bauraum möglichst sanft und gebündelt umgelenkt wird. Um die Übergabestelle rasch wieder in den Ausgangszustand umbauen zu können, musste die staubarme Schurre in die bestehende Schurreneinhausung integriert werden. Die Rohstoffversorgung des Hochofens darf bei Versagen der staubarmen Schurre nicht länger als acht Stun-

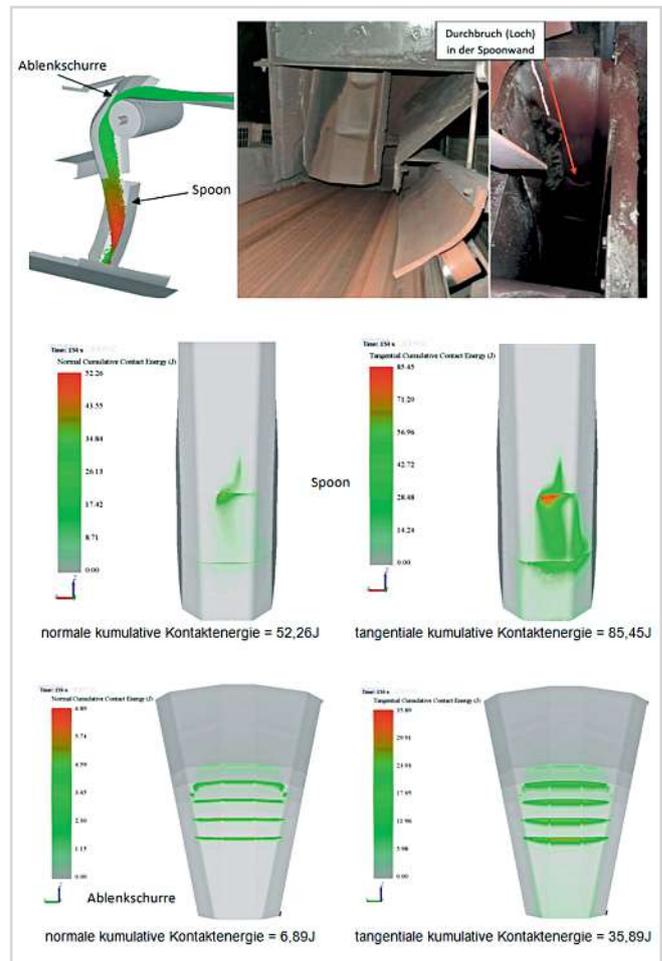


Abbildung 2: Verschleißbetrachtung – staubarme Schurre

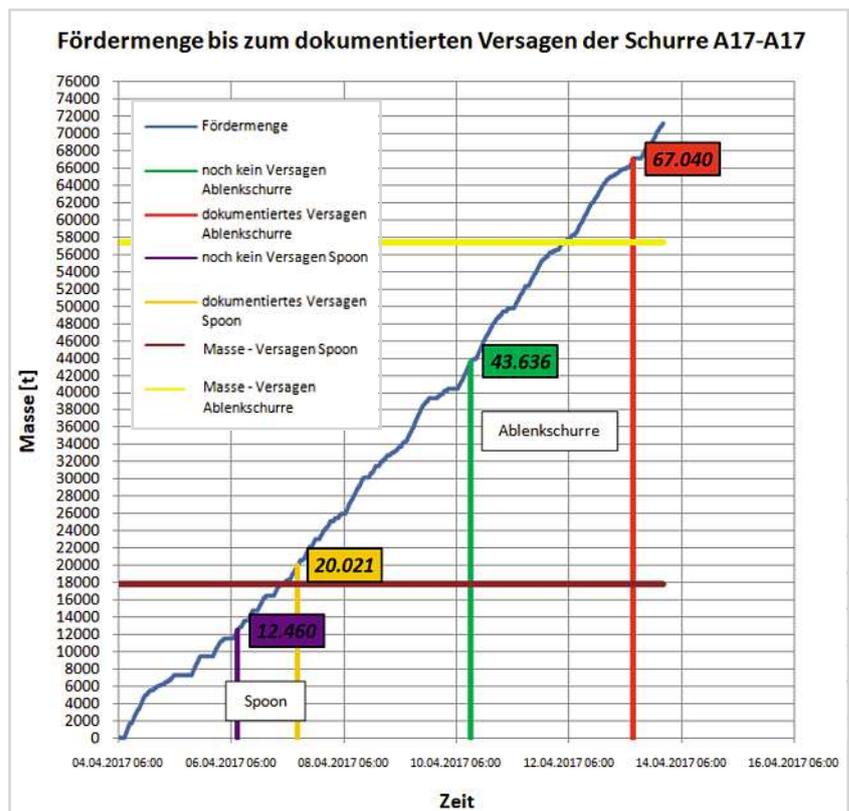


Abbildung 3: Fördermenge bis zum dokumentierten Versagen der Schurre A17-A18 / Vergleich Realtest mit Simulation

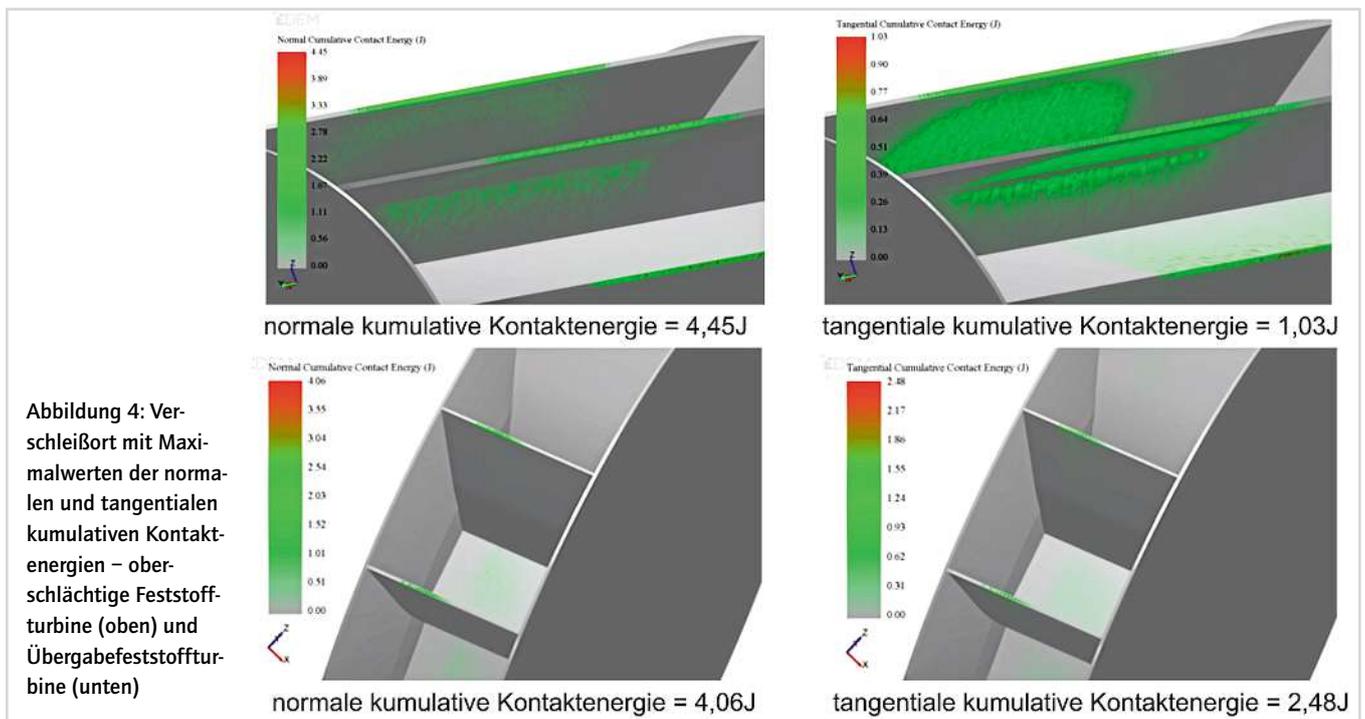


Abbildung 4: Verschleißort mit Maximalwerten der normalen und tangentialen kumulativen Kontaktenergien – ober-schlächtinge Feststoffturbine (oben) und Übergabefeststoffturbine (unten)

den beeinträchtigt werden. Es konnte nur eine unter den vorherrschenden Randbedingungen optimale Lösung konstruiert werden. Das Verschleißniveau ist sowohl an der Ablenkschurre als auch am Spoon wesentlich höher als im Vergleich zur Ausgangssituation. Die Ablenkschurre wurde nach ca. neun Tagen Einsatzdauer aufgrund eines Durchbruches der Schurrenwand ausgebaut. Bis zu diesem Zeitpunkt haben ca. 67 000 Tonnen Eisenerz die Schurre passiert, wobei der Durchbruch der Schurrenwand zu einem früheren Zeitpunkt erfolgt ist (zwischen 43 600t und 67 000t). Die Position des realen Durchbruches stimmt mit den Simulationsergebnissen überein, wobei die „Reibverschleißenergie“ (35,89 J – „Aufprallverschleißenergie“) überwiegt (vgl. Abb.2).

Betrachtet man die Verschleißsituation am Spoon (siehe Abb. 2), so fällt sofort auf, dass die Verschleißintensität im Vergleich zur Ablenkschurre deutlich erhöht ist. Sowohl der Archard-Verschleiß als auch die tangentiale und normale kumulative Kontaktenergie sind signifikant höher, wobei die Normalkomponente deutlich mehr zunimmt. Der Durchbruch der Spoonwand entstand bereits zwischen 12 500 und 20 000 Tonnen Eisenerz, die durch die Übergabestelle geleitet wurden. Das reale Verschleißbild vor und nach dem Durchbruch ist in Abb. 2 (links 12 500t und rechts 20 000t) ersichtlich. Auch hier stimmt die Position des maximalen Verschleißes mit den Simulationsergebnissen überein.

In Abb. 3 ist der Bereich des Versagens der einzelnen Schurrenteile (Ablenkschurre und Spoon) in Abhängigkeit der durchgeströmten Eisenerzmasse dargestellt. Eine durchbrochene Spoonwand wurde bei ca. 20 000t Eisenerz dokumentiert, wobei bei ca. 12 500t noch kein Versagen beobachtet wurde. Der tatsächliche Versagenszeitpunkt liegt demnach zwischen diesen beiden Werten. Das Versagen der Ablenkschurre liegt auf einem deutlich höheren Niveau zwischen ca. 43 600t und ca. 67 000t durchgeströmten Eisenerz. Aus organisatorischen Gründen konnte der Versagenszeitraum (Spoon und Ablenkschurre) leider nicht weiter eingegrenzt werden. Vergleicht man nun das in der Realität beobachtete Versagen mit den Simulationen, so kann man eine gute Korrelation erkennen. Verwendet man die Messwerte und Simulationsergebnisse der Prallplatte als Ausgangswert für die Berechnung der Standzeit des Spoons und der Ablenkschurre, so erhält man eine durchgeströmte Masse von

17 857 t bis zum Versagen des Spoons (braune horizontale Linie in Abb. 3) und 57 483 t bis zum Versagen der Ablenkschurre (gelbe horizontale Linie in Abb. 3). Die berechneten Werte liegen demnach im Bereich des tatsächlichen Versagens des Spoons bzw. der Ablenkschurre. Die Hochrechnungen des Punktes für das Versagen der Ablenkschurre und des Spoons basieren, wie bereits erwähnt, auf dem Verschleiß der Prallplatte. Die Summe der kumulativen Kontaktenergien der Prallplatte (13,19 J) wird dabei mit der durchgeströmten Erzmasse (186 439 t) multipliziert und durch die jeweilige Summe der kumulativen Kontaktenergien des Spoons (137,7 J) bzw. der Ablenkschurre (42,78 J) dividiert.

Verschleißuntersuchung – Ablenkplatte

Die aus dem Versagen der staubarmen Schurre gewonnenen Erkenntnisse können nun mit den Realtests an der Ablenkplatte und den zugehörigen Simulationen verglichen werden. Für die Ablenkplatte wurde ebenfalls der Archard-Verschleiß, die normale kumulative und die tangentiale kumulative Kontaktenergie berechnet. Das Verschleißniveau der Ablenkplatte liegt dabei zwischen dem der Prallplatte und der Ablenkschurre. Der Bereich des maximalen Verschleißes stimmt wiederum mit den mittels der Simulation getroffenen Vorhersagen überein. Die Durchbrüche der Ablenkplattenwand wurden nach ca. 91 000t durchgeströmten Eisenerz dokumentiert, bevor ein alternatives Verschleißmaterial eingebaut wurde. Dieser Wert wird in weiterer Folge wieder für den Lebensdauervergleich herangezogen.

In Abb. 5 ist die geförderte Menge Eisenerz bis zum Durchbruch der Ablenkplatte dokumentiert. Nach ca. 91 000t durchgeströmten Eisenerz wurden zwei Durchbrüche aufgezeichnet, wobei der tatsächliche erste Durchbruch vor den 91 000t stattgefunden hat. Rechnet man nun den Verschleiß (7,07 J + 21,49 J = 28,56 J) der Ablenkplatte basierend auf den Simulationsdaten der Prallplatte hoch, so erhält man die grüne horizontale Linie (86 104t) in Abb. 5. Diese Linie zeigt ein Versagen der Ablenkplatte unterhalb von 91 000t Eisenerz an, wie es auch in der Realität aufgetreten ist.

Die durchgeführten Untersuchungen verdeutlichen, dass die Summe aus normaler und tangentialer kumulativer Kontaktenergie zur

Simulation des Verschleißverhaltens bzw. der Lebensdauervorhersage von Hardox 400 mit Eisenerz als Verschleißpartner geeignet ist. Nach einer entsprechenden Kalibration lässt sich eine Lebensdauervorhersage berechnen. Eine Lebensdauervorhersage, welche auf der Analyse des Archard-Verschleißes beruht, liefert keine befriedigende Korrelation mit den realen Schurrenverschleißtests, da die Hochrechnungen nicht im Bereich der Messergebnisse für das Versagen der einzelnen Übergabeeinrichtungen liegen.

Verschleißreduktion durch Feststoffturbinen

Basierend auf den bisher gewonnenen Erkenntnissen werden nun zwei unterschiedliche Feststoffturbinen (oberschlächtige Turbine und Übergabeturbine siehe Abb. 6) unter den gleichen Randbedingungen an derselben Übergabestelle hinsichtlich ihres Verschleißverhaltens virtuell untersucht. Zusätzlich werden Aussagen in Bezug auf die zurückgewinnbare Energie getätigt.

Oberschlächtige Feststoffturbine: In Abb. 6 oben ist die mittels Simulation getestete obereschlächtige Feststoffturbine dargestellt. Die Turbine weist einen Durchmesser von 1290 mm, eine Breite von 1420 mm, eine nutzbare Höhendifferenz zwischen abwerfendem Förderband und tiefsten Punkt der Turbine von 2457 mm auf. Die optimale Drehzahl wurde mit 40 Umdrehungen pro Minute festgelegt.

Das mittlere Drehmoment der obereschlächtigen Feststoffturbine unter den vorherrschenden Randbedingungen beträgt laut Simulation ca. 909 Nm. Berücksichtigt man die Drehzahl der Turbine von 40 min^{-1} , so lässt sich eine Leistung von ca. 3807 W berechnen. Vergleicht man die maximal rückgewinnbare Leistung mit dem Leistungsinhalt des Schüttgutes am tiefsten Austrittspunkt der Turbine (ca. 7032 W), so errechnet sich ein Wirkungsgrad von ca. 54%. Der Verschleiß dieser Feststoffturbine verteilt sich zum einen auf die einzelnen Turbinenschaufeln und zum anderen auf die beiden Leitbleche.

Das in Abb. 4 oben zu erkennende Verschleißniveau liegt deutlich unter dem Niveau der staubarmen Schurre. Vergleicht man den Turbinenverschleiß mit dem Verschleiß am Spoon, welcher am höchsten belastet ist, so ist der Archard-Verschleiß um das ca. 40-fache höher, die normale kumulative Kontaktenergie um das ca. 12-fache und die tangential kumulative Kontaktenergie um das ca. 83-fache höher als der entsprechende Verschleiß an der Turbine. Die obereschlächtige Turbine, welche an den Stirnseiten der Schaufeln maximal belastet wird, würde demnach laut Simulation eine vielfach höhere Standzeit aufweisen als der Spoon der staubarmen Schurrenkonstruktion. Setzt man den Verschleiß des Spoons bei 17 857 t durchgeströmtes Eisenerz als Basis für die Lebensdauer der Turbine an und verwendet für die Hochrechnung das Verhältnis aus der Summe der kumulativen Kontaktenergie des Spoons zur Summe der kumulativen Kontaktenergie der obereschlächtigen Feststoffturbine ($137,71 \text{ J} / 5,48 \text{ J} = 25,13$), so würde sich ein Versagen der Turbine bei ca. 449 000 t ergeben. Die Aussagen beziehen sich auf das für den Kontakt mit Eisenerz eigentlich ungeeignete Verschleißschutzmaterial Hardox 400. Die Verschleißbeanspruchung der beiden Leitbleche, welche in Abb. 6 oben ersichtlich sind, liegt auf ähnlichem Niveau wie bei der obereschlächtigen Feststoffturbine. Für das lange Leitblech beträgt die Summe der Maxima der kumulativen Kontaktenergien im Betrachtungszeitraum 3,73 J und für das kurze Leitblech 3,32 J.

Vergleicht man den Turbinenverschleiß weiter mit der relativ gering belasteten Prallplatte der Ausgangssituation (Summe Kontaktenergie = 13,19 J), so hätte die Turbine immer noch eine ca. 2,4-fach höhere Lebensdauer als die Prallplatte.

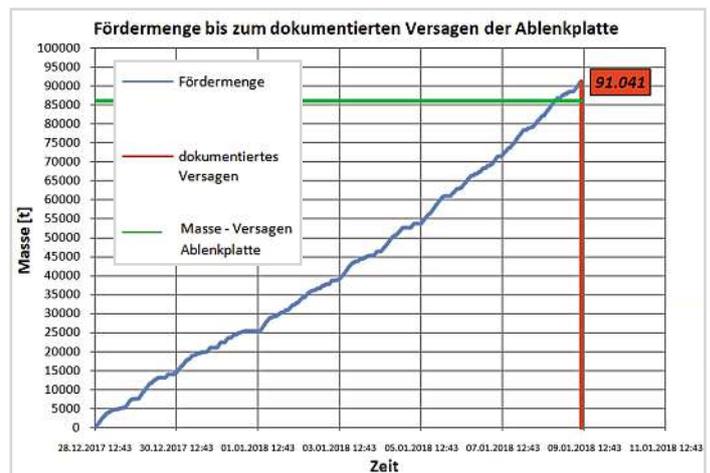


Abbildung 5: Fördermenge bis zum dokumentierten Versagen der Ablenplatte / Vergleich Realtest mit Simulation

Übergabefeststoffturbine: Bei der zweiten virtuell getesteten Feststoffturbine handelt es sich um eine sogenannte Übergabeturbine (siehe Abb. 6, unten). Eine derartige Turbine ist so aufgebaut, dass das Schüttgut mit einer gewissen Geschwindigkeitskomponente in Richtung des abziehenden Gurtförderers aus der Turbine austritt und auf das Abzugsband aufgegeben wird. Die Turbine ist im Vergleich zur beschriebenen obereschlächtigen Turbine deutlich größer ausgeführt und hat einen Durchmesser von 2500 mm und eine Breite von 500 mm. Die Turbine ist in diesem Fall um 23° zur Vertikalen geneigt. Die nutzbare Höhendifferenz zwischen dem abwerfenden Förderband und dem tiefsten Punkt der Turbine beträgt 2751 mm. Die optimale Turbinendrehzahl wurde mit 18 Umdrehungen pro Minute festgelegt. Unter den vorherrschenden Randbedingungen liefert diese Turbine ein Drehmoment von durchschnittlich ca. 1936 Nm. Daraus ergibt sich eine durchschnittliche Leistung von ca. 3650 W bei 18 min^{-1} . Der theoretische Leistungsinhalt des Schüttgutes beträgt ca. 7784 W bei einer Höhendifferenz von 2751 mm und einer Schüttgutabwurfgeschwindigkeit von 2,4 m/s. Der daraus resultierende Wirkungsgrad liegt demnach bei ca. 47%. Der Wirkungsgrad des Gesamtsystems wird allerdings durch die Aufgabe des Schüttgutes mit einer Geschwindigkeitskomponente in Richtung des Abzugsbandes zusätzlich verbessert, da das Fördergut weniger beschleunigt werden muss. Die Abzugskraft am Förderband reduziert sich dadurch um 248 N. Multipliziert man diese Kraft mit der Bandgeschwindigkeit (2,4 m/s), so erhält man die zusätzlich eingesparte Leistung von ca. 595 W. In Summe kann demnach 4245 W eingespart werden, wodurch sich der Wirkungsgrad auf ca. 55% erhöht.

Der Verschleiß bei dieser Turbinenbauweise verteilt sich auf die Übergabeturbine und auf die notwendige Einhausung. Die Einhausung bzw. das Leitblech der obereschlächtigen Feststoffturbine ist notwendig, um das vorzeitig aus der Turbine austretende Schüttgut einzufangen und ordnungsgemäß auf das Abzugsband überzugeben. Der auftretende Verschleiß bzw. die Kontaktenergie der Übergabeturbine ist in Abb. 4 unten ersichtlich, wobei die Summe der Kontaktenergien (6,54 J) im Vergleich zur obereschlächtigen Turbine geringfügig höher ist. Die Summe der kumulativen Kontaktenergien liegt ca. 60% unter jener der Prallplatte der Ausgangssituation.

Das Leitblech weist allerdings erhöhte Werte der tangentialen kumulativen Kontaktenergie auf, dafür liegt die normale kumulative Kontaktenergie auf sehr niedrigem Niveau. Die Summe der Kontaktenergien im Betrachtungszeitraum (17,93 J) ist aber nur geringfügig höher im Vergleich zur Prallplatte der Ausgangssituation (13,19 J). Verglichen mit dem Spoon der staubarmen Schurre, ist die Belastung der Einhausung um das ca. 7,7-fache geringer. Der Verschleiß der

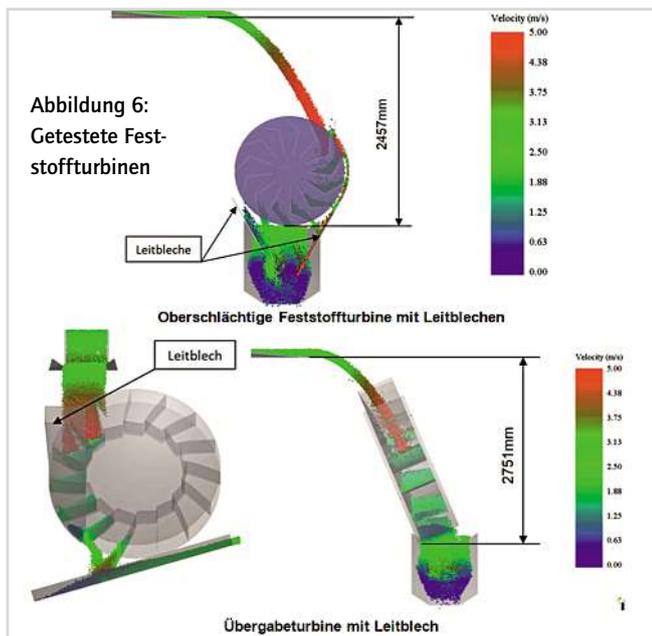


Abbildung 6: Getestete Feststoffturbinen

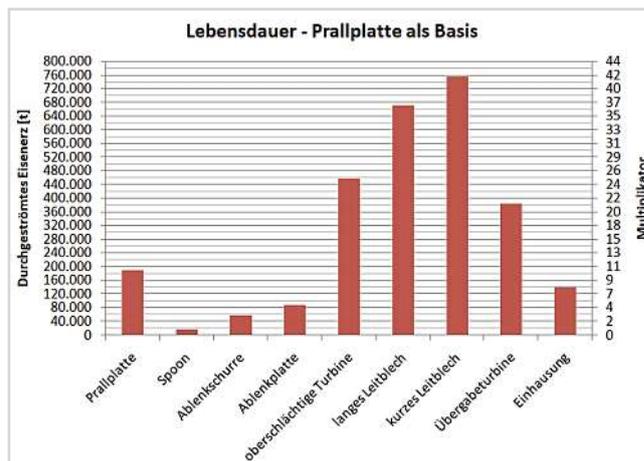


Abbildung 7: Maximaler Eisenerzdurchfluss der getesteten Einrichtungen bis zum Versagen – Prallplatte dient als Basis für die Hochrechnung / Lebensdauermultiplikator mit Spoon als Basis 1

Die Autoren



Dipl.-Ing. Dr.mont. Michael Prenner: Er studierte von 1995 bis 2002 Montanmaschinenwesen an der Montanuniversität Leoben (MUL), Österreich. Von 2002 bis 2005 absolvierte Dr. Prenner dort ein Doktoratsstudium. Im Rahmen seiner Dissertation beschäftigte er sich mit der Optimierung von Oberflächenstrukturen von Trittblechen hinsichtlich ihrer Rutschsicherheit. Seit 2017 leitet er die Arbeitsgruppe Fördertechnik und Konstruktionslehre am Lehrstuhl für Bergbaukunde, Bergtechnik und Bergwirtschaft (MUL).



Christoph Grübler: Von 2010 bis 2015 studierte Grübler Montanmaschinenbau an der Montanuniversität Leoben mit Fokus auf Fertigungstechnik und Schwermaschinen. Seit seinem Abschluss ist er Senior Researcher am Lehrstuhl für Bergbaukunde in der Arbeitsgruppe Fördertechnik und Konstruktionslehre. Seine Forschungsschwerpunkte sind stetige Fördersysteme, Staubemission beim Schüttgutumschlag und Simulation.



Dipl.-Ing. Sonja Zeiler: Nach dem Studium der Verfahrenstechnik des industriellen Umweltschutzes an der Montanuniversität Leoben von 2001 bis 2007 war Zeiler bei Böhler Bleche im Bereich Qualitätsmanagement und F&E beschäftigt. Seit 2012 ist sie im Hochofenbetrieb der voestalpine Stahl Donawitz GmbH beschäftigt, wo sie fünf Jahre lang an F&E Projekten arbeitete und diverse Projekte leitete. Derzeit ist sie für die Rohstoffentladung der Hochofenbetriebe verantwortlich und als Betriebsingenieur in der Sinteranlage tätig.

Montanuniversität Leoben
 Lehrstuhl für Bergbaukunde – Fördertechnik und Konstruktionslehre
 Franz-Josef-Straße 18, 8700 Leoben, Austria
 Tel. +43-3842-402-2803
 E-Mail: Michael.Prenner@unileoben.ac.at
 Internet: www.unileoben.ac.at

Turbine und der Einhausung ist lokal begrenzt und kann durch lokale Verbesserungen des Verschleißschutzes eingedämmt werden.

Zusammenfassung

Die gewonnenen Erkenntnisse beruhen alle auf Verschleißtests, welche mit Verschleißplatten vom Typ Hardox 400 und unterschiedlichen Eisenerzsorten als Reibpartner durchgeführt wurden. Hardox 400 ist eigentlich für die vorherrschenden Bedingungen ungeeignet, da die Standzeiten zu gering ausfallen. Für die Darstellung des Verschleißvorteiles von Feststoffturbinen ist dies allerdings irrelevant, da dieser im vorliegenden Fall auf vergleichenden Untersuchungen beruht.

Die Realverschleißtests und Verschleißsimulationen verdeutlichen den deutlich geringeren Verschleiß der evaluierten Turbinen im Vergleich zu Standardübergabeeinrichtungen. In Abb. 7 sind die Ergebnisse zusammengefasst. Im Vergleich zu dem am höchsten belasteten Bereich eines herkömmlichen Schurrensystems (Spoon) weist der am geringsten belastete Turbinentyp eine um das 25-fache höhere Lebensdauer auf. Die Ergebnisse beruhen alle auf dem Abtrag von 10 mm Hardox 400, wobei die verschiedenen Schurren einen flächigen Verschleiß aufweisen, welcher einen Durchbruch der Verschleißplatten (Loch) zu Folge hat. Dies führt zu einem Ausfall der Schurre. Die Turbinen weisen hingegen hauptsächlich einen Kantenverschleiß an den Turbinenschaukeln auf. Nach dem Abtrag von 10 mm Verschleißschutzmaterial an den Kanten führt dies nicht unmittelbar zum Versagen der jeweiligen Anlage. Für die Lebensdauerberechnungen wurden die Summen der tangentialen und normalen kumulativen Kontaktenergien, welche mittels DE-Simulationen ermittelt wurden, herangezogen. Diese Ergebnisse korrelieren gut mit dem in Realversuchen ermittelten Versagen der verschiedenen Schurren. Würde man nur die tangentialen oder die normale kumulative Kontaktenergie separat oder den ebenfalls berechneten Archard-Verschleiß für die Hochrechnung der Lebensdauer verwenden, stimmen die Ergebnisse nicht mit den Realversuchen überein. Ob diese Erkenntnisse auch für andere Materialkombinationen (andere Verschleißschutzmaterialien und Schüttgüter) gelten, muss durch weitere ausgedehnte Langzeitversuche ermittelt werden. Derzeit laufen weitere Langzeitversuche, um ein optimales Verschleißmaterial für die in Abb. 2 dargestellte staubarme Schurre zu ermitteln. Diese Ergebnisse können anschließend in weitere Lebensdauerbetrachtungen von Feststoffturbinen übernommen werden.

Die Langversion des Beitrags erhalten Sie direkt beim Autor.