### III Schädigungsmechanismen an Seilen von Schrägaufzügen

Schrägaufzüge zur Beschickung von Hochöfen findet man vor allem bei älteren Anlagen noch sehr häufig. Die Seiltriebe ähneln sich weitgehend: Die Anlage besteht aus zwei gegenläufigen, auf einer Schrägbahn fahrenden Fördergefäßen, sogenannten Hunten, die über je zwei parallele Zugseile von einer Seiltrommel angetrieben werden (Abbildung III. 1). Durch diese Anordnung wird das Eigengewicht der Hunte kompensiert. Die Aufzugsmaschine hat damit nur die Nutzlast und die Reibungsverluste zu überwinden. Auslegungsgrundlage sind in der Regel die *Technischen Anforderungen an Schacht- und Schrägförderanlagen (TAS)* [12]. Die daraus resultierenden *D/d-*Verhältnisse (üblich: >60) in Verbindung mit der geringen Zahl Biegewechsel je Lastspiel lassen bei diesen Schrägaufzügen im Gegensatz zu Kranseiltrieben die durch Biegewechsel bedingten Schäden in den Hintergrund treten.

Untersuchungen an abgelegten Seilgarnituren haben für verschiedene Seilabschnitte charakteristische Schädigungsmechanismen ergeben (Abbildung III. 1):

- Bereich 1: Seilabschnitte mit Schädigung bedingt durch geringes Grenzkraftverhältnis *R*<<1 (Seilabschnitt zwischen Marke 1 und 2)
- Bereich 2: Seilabschnitte mit Schädigung bedingt durch Biegewechsel und Verschleiß (Seilabschnitt zwischen Marke 3 und 4)
- Bereich 3: Seilabschnitte mit Schädigung bedingt durch Zugkraftänderung beim Trommeleinlauf (Seilabschnitt zwischen Marke 5 und 6).

## III. 1 Schädigung bedingt durch geringes Grenzkraftverhältnis – Bereich 1

Heepen [13] hat an einem dynamischen Seilprüfstand den Einfluß des Grenzkraftverhältnisses auf die Drahtbruchentwicklung und die Schädigung im Inneren des Seils untersucht. Er definiert dabei das Grenzkraftverhältnis R als Verhältnis der geringsten zur höchsten Seilzugkraft. Die Auswirkung des Grenzkraftverhältnis auf das Schädigungsbild von Drahtseilen zeigt Tabelle III. 1.

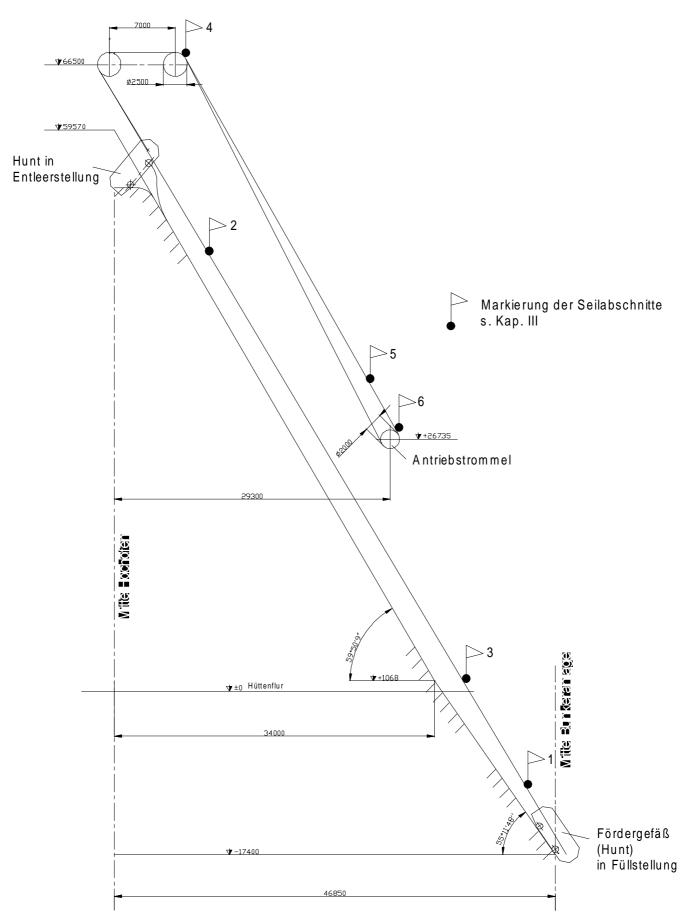


Abbildung III. 1

Schrägaufzug eines Hochofens

Das Grenzkraftverhältnis an ausgeführten Schrägaufzügen liegt mit R=0,035...0,070 sehr nahe am Grenzfall  $R\approx0$ . Bedingt ist dieser sehr niedrige Wert durch die Konstruktion dieser Anlagen: Das Fördergefäß besitzt nur an der Vorderseite eine Füllund Entleeröffnung. Es ist somit erforderlich, den Hunt zur Entleerung zu kippen (Abbildung III. 1, oberes Fördergefäß). Erreicht wird diese Kippstellung durch eine

Grenzkraftverhältnis	
R=1	⇒ R≈0
Drahtbruchentwicklung	
nach dem Auftreten erster Drahtbrüche nimmt die	nach dem Auftreten erster Drahtbrüche erfolgt
Anzahl der gebrochenen Drähte langsam zu	eine Zerstörung des Seiles innerhalb kürzester
	Zeit
Oberflächenverschleiß im Umlenkbereich von	ausgeprägter Oberflächenverschleiß im Auslauf-
Seilrollen	bereich der Rollen
Schädigung im Inneren des Seiles	
30% bis 70% der Drahtbrüche können äußerlich	etwa 10% bis max. 30% der Drahtbrüche sind
erkannt werden	äußerlich festzustellen
Drahtbruchkontrollen geben ein Bild des Seilzu-	Drahtbruchkontrollen beschreiben den Seilzu-
standes wieder	stand nur unzureichend
Schadensentwicklung an den Seilen ist äußerlich	Neigung zu plötzlich auftretenden Seilausfall in-
gut zu verfolgen	folge schwerer Schäden, z.B. Litzenbrüche
einzelne Drahtbrüche entsprechend äußerem	Auftreten von Drahtbruchnestern, vielfach stärke-
Schadensbild	re Schädigung als äußerlich sichtbar
vereinzelte Drahtbrüche in der Stahlseileinlage	große Anzahl von Drahtbrüchen in der Einlage,
	vollständige Brüche der Seele
Oberfläche der Drähte im Seilinneren ist nur we-	starke Bildung von Rotrost, Abschliff von Metall-
nig geschädigt	partikeln an den Drähten
Fasereinlage ist größtenteils intakt	vollständige Zerstörung der Fasereinlage
ausreichende Schmierung durch die Fasereinlage	vollständiger Verbrauch des Schmierstoffes

Tabelle III. 1

Einfluß des Grenzkraftverhältnisses auf die Drahtbruchentwicklung und Schädigung des Seilinneren [13]

besondere Fahrbahngestaltung in Verbindung mit Zwillingsrädern an der hinteren Achse des Gefäßes. In dieser Stellung ruht das Gewicht des Huntes fast ausschließlich auf den Rädern. Die Seile übernehmen nur noch eine geringe Haltekraft.

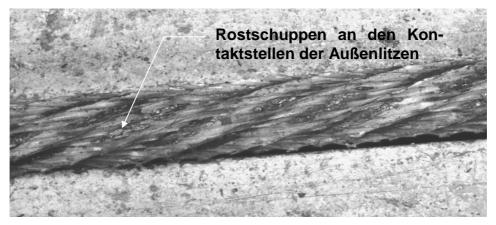


Abbildung III. 2

Schadensbild bei R<<1 Stahlseele nach Entfernen der Außenlitzen Deutliche Rotrostbildung, Schmierstoff vollständig aufgebraucht

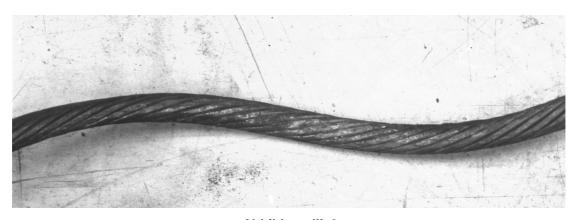


Abbildung III. 3

Schadensbild bei R<<1 Außenlitze - Kontaktfläche zur Stahlseele Deutliche Rostnarben

Aufgrund des geringen Grenzkraftverhältnisses ist mit einer starken Schädigung im Inneren des Seils zu rechnen. Tatsächlich zeigen geöffnete Proben entsprechender Seilbereiche von Schrägaufzugsanlagen genau dieses Schadensbild. Während außen nur wenige Drahtbrüche erkennbar sind, findet man im Inneren bis zu 100 Drahtbrüche auf einem Meter. Es handelt sich dabei vornehmlich um Brüche der inneren Drahtlagen der Außenlitzen (Abbildung III. 4). Das gesamte Innere dieser Seilbereiche weist, insbesondere an den Kontaktstellen zwischen Stahleinlage und Außenlitzen, starke Rotrostbildung und Abschuppungen von Metallpartikeln auf (Abbildung III. 2, Abbildung III. 3). Der im Seil gespeicherte Schmierstoff ist durch die ständige Bewegung der Drähte zueinander vollständig aufgebraucht.

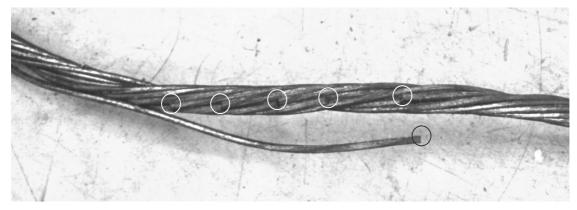


Abbildung III. 4

Schadensbild bei R<<1
Außenlitze nach Entfernen der äußeren Drahtlage
Deultiche Korrosionsspuren und zahlreiche Drahtbrüche in den inneren Drahtlagen (○)

Dieses Schadensbild steht im starken Gegensatz zur äußeren Erscheinung des Seils. Außen finden sich nur wenige Drahtbrüche und einseitiger Verschleiß. Eine rein visuelle Kontrolle dieses Seilabschnitts würde somit zu einer krassen Fehleinschätzung des Seilzustandes führen.

#### III.2 Schädigung bedingt durch Biegewechsel und Verschleiß – Bereich 2

Das Schadensbild des Seils im zweiten und längsten Bereich des Seiltriebes, der sich zum Teil mit Bereich 1 überschneidet, ist zum einen geprägt durch die Biegewechselbeanspruchung. Zum anderen zeigt sich zudem starker äußerer Verschleiß durch den Kontakt des Seils mit den Seilscheiben und der Trommel. Typisches Schadensbild sind innere und vor allem äußere Brüche in den durch Verschleiß geschwächten Außendrähten. Die Schmierung im Seil bleibt weitgehend erhalten. Korrosion ist im Seilinneren nicht feststellbar. Diesem überlagert sich im ersten Abschnitt (zwischen Marke 3 und 2 in Abbildung III. 1) das Schadensbild von Abschnitt 1.

Aufgrund der üblicherweise intensiven Nachschmierung des Seiläußeren und des daran anhaftenden Schmutzes ist eine Erkennung der äußeren Drahtbrüche nicht einfach (Abbildung III. 5).

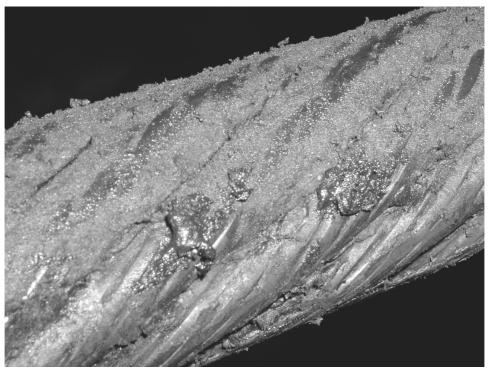


Abbildung III. 5

Äußerlicher Zustandes des Seils eines Schrägaufzuges im Bereich 2 mit deutlichen Verschleißspuren an den oberen Drähten

# III.3 Schädigung bedingt durch Zugkrafterhöhung beim Trommeleinlauf – Bereich 3

Der dritte Bereich des Seiltriebes ist mit einer Länge von weniger als fünf Metern vergleichsweise kurz. Es ist der Seilabschnitt, der während des Beschleunigungsvorganges des Huntes auf die Trommel aufläuft. Dabei erhöht sich kurzzeitig die Seilzugkraft und führt zu einer Dehnung des Seils bei gleichzeitigem Kontakt mit der Trommelrille. Die resultierenden Bewegungen zwischen den Außendrähten und der Seilrille sowie zwischen den Drähten selbst führen zu inneren und äußeren Drahtbrüchen.

Aufgrund der geschützten Lage im Maschinenhaus sind darüber hinaus keine korrosions- oder verschmutzungsbedingten Schadenseinflüsse festzustellen.

### III.4 Die Beurteilung von Schrägaufzugseilen

Die Erkenntnisse aus III.1-III.3 zeigen, daß eine sichere Beurteilung des Seilzustandes von Schrägaufzugsanlagen an Hochöfen allein aufgrund visueller Kontrollen nicht möglich ist!

Für die Entwicklung eines Beurteilungsverfahrens ist es sinnvoll, das gemeinsame Merkmal aller genannten Schadensformen zu nutzen: Sowohl bei Drahtbrüchen als auch bei Kerben und Korrosionsnarben liegt eine lokal begrenzte Reduzierung des metallischen Seilquerschnitts vor. Als ideales Verfahren bietet sich daher die magnetinduktive Streufeldmessung an, die solche Querschnittsänderungen erfassen kann, auch wenn sie im Inneren des Seils liegen. In Kombination mit einer rechnergestützten Auswertung könnte eine schnelle, sichere und reproduzierbare Beurteilung des gesamten Seilzustandes erfolgen.