

Vermeidbare Korrosionsschäden an Milchkühlanlagen

Dr. rer. nat. K. Greßmann, KDT, Zentralstelle für Korrosionsschutz Dresden

1. Einleitung

Die rationelle und qualitätsgerechte Produktion von Milch in großen Milchviehanlagen erfordert den Einsatz von Milchkühlanlagen. Rohrleitungen, Verschraubungen und Armaturen der Milchkühlanlagen werden überwiegend aus korrosionsbeständigen Stählen gefertigt. Um zeit- und kostenaufwendige Reparaturmaßnahmen infolge von Korrosionsschäden zu vermeiden und die kontinuierliche Einsatzbereitschaft einer Milchkühlanlage während der normativen Nutzungsdauer der Anlage von 10 bis 15 Jahren zu gewährleisten, sind an den aus korrosionsbeständigen Stählen bestehenden Bauteilen Pflegemaßnahmen zur Aufrechterhaltung der Oberflächensauberkeit erforderlich. Reinheitsforderungen für die Oberflächen korrosionsbeständiger Stähle sind aufgrund der Erfahrungen im Bereich der Energieerzeugung bekannt [1]. Desgleichen liegen konkrete Forderungen für Stoffe vor (z. B. Isolationsmaterial), die direkt mit Edelstahloberflächen in Kontakt kommen [2]. Für Korrosionsstimulatoren, die über den Kontakt mit der Umgebungsluft auf die Metalloberfläche gelangen, existieren dagegen kaum genauere Vorstellungen. Korrosionsschäden, die auf diese Ursache zurückzuführen sind und zu hohen ökonomischen Verlusten führen, können durch geeignete Kontroll- und Pflegemaßnahmen vermieden werden.

2. Schadensanalyse

Aufgrund einiger Schadensfälle an Rohrleitungssystemen von Milchkühlanlagen, die z. T. bereits nach dreijähriger Betriebsdauer zu Rohrdurchbrüchen führten, wurden Untersuchungen zur Klärung der Schadensursache und zur Festlegung möglicher Abhilfemaßnahmen erforderlich. Objektbesichti-

gungen und Probenahmen in drei Milchviehanlagen mit je 2000 Tierplätzen sowie mikroskopische und chemische Untersuchungen waren die Grundlage für die Charakterisierung der Schadensfälle und für quantifizierte Aussagen über den Zusammenhang zwischen Oberflächenverunreinigung und Korrosionsgefährdung.

In den besichtigten Milchviehanlagen grenzt der Milchlagerraum mit der Milchkühlanlage direkt an den Melkkarussellraum. Zwischen Melkkarussellraum und Milchlagerraum ist eine weitgehende Luftdurchmischung möglich, zumal in einigen Anlagen die Trennwand zwischen diesen beiden Räumen nur bis $\frac{1}{3}$ der Raumhöhe ausgeführt ist. Die Raumluft im Milchlagerraum wird durch die Stallatmosphäre beeinflusst und ist durch eine hohe relative Luftfeuchte ($\geq 80\%$) und die Anwesenheit von Ammoniak charakterisiert. Zweimal täglich treten betriebsbedingt kurzzeitige geringfügige Belastungen durch Chlorverunreinigungen auf, die sich aus der Verwendung hypochlorithaltiger Reinigungslösungen ergeben. Die Korrosionserscheinungen waren überwiegend an horizontal verlegten Rohrleitungsabschnitten zu beobachten. Eine Besonderheit des Schadensbildes bestand darin, daß der Korrosionsangriff nur an den Spülleitungen des Rohrsystems erfolgte, während an den parallel in einem Abstand von etwa 50 cm verlegten Milchleitungen, die ständig einer starken Betauung unterworfen sind, keine Korrosionserscheinungen auftraten [3]. Deutliche lochfraßartige Angriffsstellen wurden vor allem an dem in Einbaulage unteren Bereich der Außenrohrfläche festgestellt (Bild 1).

3. Chemische Untersuchungen

3.1. Untersuchung des Rohrmaterials

An einer Probe des geschädigten Rohrmaterials wurden chemische Untersuchungen zur Ermittlung der Werkstoffzusammensetzung durchgeführt. Die Untersuchungen führten zu folgenden Massenanteilen: 0,060% C, 0,009% S, 1,47% Mn, 0,24% Ti, 11,20% Ni und 18,20% Cr. Infolge der auf der Werkstoffoberfläche und in Poren vorliegenden C-haltigen Verunreinigungen (Fette, Eiweiß o. ä.) liegt der ermittelte C-Wert wahrscheinlich um 0,01 bis 0,02% zu hoch. Unter Berücksichtigung dieses Umstands entspricht die analysierte Rohrprobe den Forderungen des Standards TGL 7143 ($Ti \geq 5x\% C$) für korrosionsbeständige Stähle der Stahlmarke X8CrNiTi 18.10.

3.2. Kondensatuntersuchungen

Bei der Untersuchung der an den Rohrleitungen auftretenden Kondensate ist infolge der undefinierten Ausgangsbedingungen mit großen Unterschieden der Konzentration der aufgenommenen Schadstoffe zu rechnen, da je nach der Geschwindigkeit der Kondensatbildung bei starkem Abtropfen mit einer intensiven Verdünnung bzw. bei geringfügiger Kondensatbildung mit einer Konzentrationserhöhung durch Verdunsten zu rechnen ist. Die Höchstwerte der bei Kondensatuntersuchungen ermittelten Schadstoffkonzentrationen lassen aber dennoch Rückschlüsse auf

mögliche Angriffsbedingungen zu. Die pH-Werte der untersuchten Kondensatproben lagen im Bereich zwischen $pH = 7,0$ und $pH = 8,5$. Die Sulfatkonzentration der untersuchten Kondensatproben betrug 2 bis 20 mg/l.

Von besonderem Interesse war aufgrund des vorliegenden Schadensbildes die Chloridkonzentration der Kondensatproben, die in Abhängigkeit von den örtlichen und zeitlichen Bedingungen in weiten Grenzen schwankt. An einer stark betauten Milchkühlleitung, von der ständig Kondensat abtropfte, wurde 6 Stunden nach Abschluß des letzten Reinigungsprozesses eine Chloridkonzentration von 0,1 mg/l ermittelt. Dagegen wurden in Kondensatproben von schwach betauten Leitungsteilen Chloridkonzentrationen bis 135 mg/l bestimmt.

3.3. Untersuchung von Korrosionsprodukten

Infolge der überwiegend auftretenden Lochfraßkorrosion ist die Menge der vorliegenden Korrosionsprodukte gering. In einem Einzelfall konnten von 12 cm² Werkstoffoberfläche 29 mg Korrosionsprodukte erfaßt und für analytische Untersuchungen eingesetzt werden. Die Untersuchung der Korrosionsprodukte hinsichtlich korrosionsfördernder Bestandteile führte zu folgenden Ergebnissen:

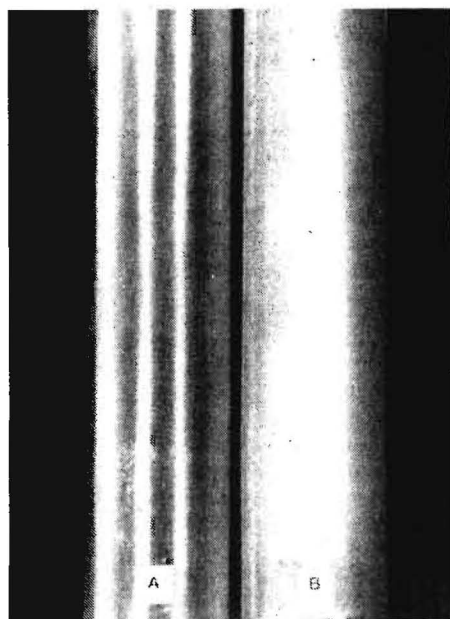
- wäßriger Auszug: 0,25% Chlorid; 1,31% Sulfat
- Na₂CO₃-Auszug: 0,34% Chlorid; 4,99% Sulfat

Unter der Voraussetzung einer gleichmäßigen Verteilung der Chloride auf der Werkstoffoberfläche ergibt sich aus diesen Meßwerten eine Flächenbelastung durch Chloride von 60 bis 80 mg/m².

3.4. Wischtest

Die Ergebnisse der Kondensat- und Korrosionsproduktuntersuchungen lassen die Schlußfolgerung zu, daß die Lochfraßerscheinungen auf unzulässig hohe Chloridanreicherungen auf Teilen der Werkstoffoberfläche zurückzuführen sind. Zur Beurteilung der Gefährdung einer Anlage unter den vorliegenden spezifischen Betriebsbedingungen sind derartige Untersuchungen aber kaum geeignet, weil die Ergebnisse der Kondensatuntersuchungen in hohem Maß von den kaum definierbaren Probenahmebedingungen abhängig sind und die Untersuchung der Korrosionsprodukte nur in Ausnahmefällen möglich ist, da nur an bereits stark geschädigten Anlagen geringe Mengen von Korrosionsprodukten gewonnen werden können. Eine quantitative Erfassung der an einzelnen Anlagenteilen vorliegenden Oberflächenverunreinigungen durch Chloride sollte mit Hilfe eines Wischtestes an den gefährdeten Anlagen vorgenommen werden. Unter Berücksichtigung des sichtbaren Korrosionsangriffs wurden an 2 Objekten jeweils 3 Probenahmestellen für die Durchführung des Wischtestes ausgewählt. Als Testfläche wurden jeweils 3 dm² der Rohraußenfläche festgelegt (239 mm Rohrlänge). Die Ergebnisse der Wischtestes sind in Tafel 1 zusammengefaßt.

Bild 1. Lochfraß auf der Rohraußenfläche einer Rohrprobe R40 x 1 nach Standard TGL 28 474; A im Anlieferungszustand, B nach einer Einsatzdauer von 12 Monaten



Tafel 1. Ergebnisse der Wischtests

Probenahmestelle	Objekt 1 (Betriebsdauer 6 Jahre)		Objekt 2 (Betriebsdauer 5 Jahre)	
	Chloride in mg/m ²	Korrosions- angriff	Chloride in mg/m ²	Korrosions- angriff
Bühne über Milchtanks – betaute Milchkühlleitung	3,3	nicht fest- stellbar	2,8	nicht feststellbar
Bühne über Milchtanks – unbebaute Spülleitung	7,1	deutliche Lochfraß- erscheinungen	16,9	deutliche Lochfraß- erscheinungen
unten etwa 3 m neben Mischbehälter – unbetaute Spülleitung	11,6	deutliche Lochfraß- erscheinungen	13,1	vereinzelt Durchbrüche

4. Diskussion der Untersuchungsergebnisse

Das Ergebnis der Werkstoffuntersuchungen läßt die Schlußfolgerung zu, daß die aufgetretenen Schäden an Rohren aus korrosionsbeständigen Stählen im Bereich von Milchkühlanlagen nicht auf Materialfehler zurückzuführen sind. Die Ergebnisse der Untersuchungen an Kondensatproben und Korrosionsprodukten weisen darauf hin, daß die Korrosionserscheinungen durch die Anreicherung chloridhaltiger Oberflächenverunreinigungen verursacht werden.

Bei einer Anfangskonzentration von 135 mg/l im Kondensat werden die kritischen Werte für Chloridkonzentrationen von 600 mg/l [4, 5] bereits überschritten, wenn $\frac{1}{5}$ der Wassermenge verdunstet sind. Flächenbelastungen von 60 bis 80 mg/m², die sich aus den Untersuchungsergebnissen der Korrosionsprodukte errechnen lassen, sind ebenfalls dem kritischen Bereich (> 10 mg/m²) [5] zuzuordnen. Durch den an verschiedenen Anlagenteilen durchgeführten Wischtest kann eine quantitative Beziehung zwischen Oberflächenverunreinigungen und Korrosionsgefährdung unter den gegebenen Einsatzbedingungen abgeleitet werden. Wenn die durch den Wischtest ermittelte Oberflächenverunreinigung durch Chloride unter 5 mg/m² liegt, ist nicht mit einer Gefährdung der Anlage durch Korrosionsangriff zu rechnen.

Für den Bereich zwischen 5 mg/m² und 10 mg/m² muß je nach Betriebsbedingungen bereits nach 1- bis 2-jähriger Betriebsdauer mit dem Auftreten deutlicher Korrosionserscheinungen gerechnet werden. Korrosionsgeschwindigkeiten bis 0,2 mm Lochtiefe je Jahr sind möglich. Werden Chloridbelastungen über 10 mg/m² festgestellt, so sind Korrosionsschäden zu erwarten, die nach einer Betriebsdauer von 2 bis 5 Jahren zu Rohrdurchbrüchen führen und kostenaufwendige Reparaturmaßnahmen zur Folge haben.

5. Schlußfolgerungen

Die verbreitete Auffassung, daß Bauteile aus korrosionsbeständigen Stählen, die z. B. im Bereich der Lebensmittelindustrie oder in landwirtschaftlichen Produktionsanlagen für Rohrleitungen, Behälter, Armaturen o. ä. eingesetzt werden, keine Pflegemaßnahmen erfordern, ist nicht zutreffend. Die geplante Einsatzdauer dieser Bauteile (normative Nutzungsdauer 10 Jahre) kann nur dann erreicht werden, wenn die Reinheit der metallischen Oberflächen durch geeignete Pflegemaßnahmen gewährleistet wird. Als Schadstoffquelle kommen vor allem hypochlorithaltige Reinigungslösungen in Betracht. Zur Vermeidung von Korrosionsschäden werden folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

– Bauteile aus korrosionsbeständigen Stählen sind in festzulegenden Zeitabständen

(z. B. einmal wöchentlich) mit nassen, weichen Tüchern abzuwischen.

- Die Schadgasabgabe aus hypochlorithaltigen Reinigungslösungen ist weitgehend einzuschränken (Lagern und Mischen außerhalb des Raumes, Abdecken).
- Nach Abschluß von Reinigungsarbeiten mit hypochlorithaltigen Reinigungslösungen ist zu lüften (Chlorgeruch), Reste der Reinigungslösung sind zu entfernen.
- Der Kontakt hypochlorithaltiger Reinigungslösungen mit anderen sauer reagierenden Lösungen ist zu vermeiden (Zwischenspülung).

Die Wirksamkeit dieser Maßnahmen kann durch Anwendung des Wischtestes kontrolliert werden. Es ist zu gewährleisten, daß Chloridanreicherungen über 5 mg/m² auf den Metalloberflächen vermieden werden. Bei der Projektierung der Milchlagerräume sollte berücksichtigt werden, daß durch Einbeziehung in das Belüftungssystem der Anlage eine ausreichende Belüftung des Lageraumes erreicht werden kann. Für das mechanisch wenig beanspruchte Leitungssystem der Kühlanlage könnten auch Glasrohrleitungen aus Rasotherm in geschweißter oder geflanschter Ausführung [6] eingesetzt werden.

Literatur

- [1] DIN 25410 Oberflächensauberkeit von Bauteilen. Entwurf November 1982. Beuth Verlag GmbH, Berlin (West) 30.
- [2] Regulatory Guide 1.36 Nonmetallic thermal Insulation for Austenitic Stainless Steel, U. S. Atomic Energy Commission, Washington D. C. 20545.
- [3] ZKS-Laborbericht 4/5312. Zentralstelle für Korrosionsschutz Dresden, 1984.
- [4] R 36-84. ZKS-Richtlinie „Konditionierung von Kühlwasserkreisläufen“. Zentralstelle für Korrosionsschutz Dresden, 1984.
- [5] R 33-85. ZKS-Richtlinie „Werkstoffeinsatz und Korrosionsschutz in Kälte- und Wärmepumpenanlagen“. Zentralstelle für Korrosionsschutz Dresden, 1985.
- [6] Schurig, W.: Einsatz von Glasrohrleitungen in Milchhäusern. agrartechnik, Berlin 31 (1981) 2, S. 73–75. A 4897

Untersuchungen zum Instandsetzungsaufwand ausgewählter landtechnischer Arbeitsmittel im Verlauf ihrer Nutzungsdauer

Dr.-Ing. K. Leopold, KDT, Ingenieurschule für Landtechnik „M. I. Kallinin“ Friesack

Verwendete Formelzeichen

a_j	1 000 M / I DK	spezifischer Baugruppen- und Einzelteilbedarf im j-ten Nutzungsjahr
A_T	1 000 M	Aufwand für Baugruppen- und Einzelteiltausch im j-ten Nutzungsjahr
B_j	St.	Anzahl der im j-ten Nutzungsjahr untersuchten Arbeitsmittel (Stichprobengröße)
k_j	%/a	Anfallfaktor für das j-te Nutzungsjahr
\bar{k}_j	%/a	mittlerer Anfallfaktor im j-ten Nutzungsjahr
N_j	St.	Anzahl der im j-ten Nutzungsjahr getauschten Baugruppen

V_j I DK DK-Verbrauch im j-ten Nutzungsjahr

1. Problemstellung

Die Durchsetzung der ökonomischen Strategie verlangt auch in der sozialistischen Landwirtschaft eine hohe Effektivität der Arbeit. Von größter Bedeutung ist dabei für die Erhöhung der Effektivität die bestmögliche Nutzung der vorhandenen Grundfonds [1].

Rationalisierung und Rekonstruktion müssen dazu beitragen, die Arbeitsproduktivität zu steigern, die Wirksamkeit der Grundfonds zu erhöhen und ihre Reproduktion zu gewähr-

leisten. Bei der umfassenden Intensivierung ist durch alle Formen der Grundfondsreproduktion, u. a. durch Nutzung, Instandsetzung und Aussonderung, ein hoher volkswirtschaftlicher Nutzeffekt zu erreichen [2]. In diesem Zusammenhang steht heute bei der effektiven Nutzung der landtechnischen Arbeitsmittel auch die Forderung, das Aussonderungsvolumen zu reduzieren, die Nutzungsdauer bei Verringerung der Abschreibungssätze zu verlängern, zielstrebig zu modernisieren sowie die Instandhaltung auf hohem Niveau kostenminimal zu organisieren [3, 4, 5]. Die sich aus der Verlängerung der normativen Nutzungsdauer ergebenden