Berg Huettenmaenn Monatsh (2020) Vol. 165 (7): 289–296
<https://doi.org/10.1007/s00501-020-00993-0>
 © Der/die Autor(en) 2020

BHM Berg- und
Hüttenmännische
Monatshefte

Hochtemperaturprozesstechnik

Klaus Doschek-Held und Harald Raupenstrauch

Thermoprozesstechnik, Montanuniversität Leoben, Leoben, Österreich

Eingegangen 30. April 2020; angenommen 12. Mai 2020; online publiziert 27. Mai 2020

Zusammenfassung: Die Hochtemperaturprozesstechnik als Arbeitsgruppe des Lehrstuhls für Thermoprozesstechnik beschäftigt sich mit konkreten metallurgischen und verfahrenstechnischen Problemstellungen bei Temperaturen über 1000 °C. Die gegenwärtig behandelten Schwerpunkte der Arbeitsgruppe sind Recycling- bzw. Wärmerückgewinnungsprozesse sowie Brenner- und Industrieofentechnik. Die grundlegende Motivation liegt dabei in der nachhaltigen Primärressourcenschonung, Abfallvermeidung sowie der Energieeffizienzsteigerung von Gesamtprozessen.

In Folge werden die Bestrebungen anhand der Kompetenzen und Anlagenausstattung sowie der aktuellen Forschungsprojekte am Lehrstuhl im Bereich der Hochtemperaturprozesstechnik dargelegt.

Schlüsselwörter: Hochtemperaturprozesstechnik, Wertstoffrückgewinnung, Prozessentwicklung, Kreislaufwirtschaft

High-Temperature Processing Technology

Abstract: The high-temperature processing technology as a working group of the Chair of Thermal Processing Technology deals with specific metallurgical and process engineering problems at temperatures above 1000 °C. The current focus of the working group is recycling and heat recovery processes as well as burner and industrial furnace technology. The basic motivation lies in a sustainable primary resource conservation, waste avoidance, and the increase in the energy efficiency of overall processes.

As a result, the aspirations are presented based on competences and equipment as well as current research projects at the chair in the field of high-temperature processing technology.

Dipl.-Ing. Dr. K. Doschek-Held (✉)
 Thermoprozesstechnik,
 Montanuniversität Leoben,
 Franz-Josef-Straße 18,
 8700 Leoben, Österreich
Klaus.Doschek-Held@unileoben.ac.at

Keywords: High-temperature processing technology, Recovery, Recycling, Process development

1. Einleitung

Die aktuellen Forschungsprojekte und -tätigkeiten widmen sich der Entwicklung und Optimierung von Hochtemperaturprozessen zur Behandlung von Reststoffströmen mit dem Ziel der Wertstoffrückgewinnung und Energieeffizienzsteigerung (Tab. 1). Ein wesentlicher Fokus liegt dabei auf der energieintensiven Industrie (Eisen- & Stahlindustrie, Zementindustrie, Glasindustrie, und mehr). Dabei werden die Projekte oftmals von der theoretischen Annahme über die Umsetzung im Labormaßstab bis zur industriellen Pilotanlage begleitet.

Die allgemeinen Ziele der Forschungstätigkeiten sind die möglichst ganzheitliche Betrachtung der Fragestellung sowie die interdisziplinäre Zusammenarbeit innerhalb der Arbeitsgruppen am Lehrstuhl. Dazu werden die verschiedensten technischen Problemstellungen auch durch wissenschaftliche und industrielle Kooperationspartner bearbeitet. Die Kompetenzen und Ausstattung im Bereich der Hochtemperaturprozesstechnik werden im folgenden Kapitel näher beschrieben.

2. Kompetenzen und Ausstattung – Hochtemperaturprozesstechnik

Basierend auf den Entwicklungen, welche in den letzten Jahren durchgeführt wurden, konnte Know-how im Bereich der Maßstabsvergrößerung durch die Planung, den Bau und den Betrieb von Labor-, Technikums- und Pilotanlagen erlangt werden. In Abb. 1 ist die Verfahrensentwicklung anhand der Trockenschlackengranulation von Hochofenschlacke mittels Rotationszerstäubung von der Laboranlage bis zur semi-industriellen Pilotanlage dargestellt.

Die vorhandenen Anlagen und Prozesse der Hochtemperaturprozesstechnik bieten ein breites Temperaturspektrum über 1000 °C für den Einsatz verschiedenster Reststoffströme. In Tab. 2 sind die vorhandenen Anlagen- und Prozesse

TABELLE 1 Reststoffströme und Projekte – Hochtemperaturprozesstechnik			
Reststoffströme	Wertstoffe	Energie	Projekt
<i>Aschen</i> Klärschlammmasche	Eisen, Phosphor, Baustoffindustrie	–	RecoPhos [1] CEMphos [2, 3]
<i>Schlacken</i> Hochofenschlacke Stahlwerksschlacke Kupferschlacke	Eisen, Kupfer, Mangan, Chrom, Phosphor, Baustoffindustrie	Dampf, Strom	FORWÄRTS [4] FORWÄRTS 2.0 [5] K1-MET 1.3 [6, 7]
<i>Stäube/Schlämme</i> LD-Konverterstaub Gießhallenstaub Gichtschlamm Elektrolichtbogenstaub	Zinkoxid, Eisen Baustoffindustrie	–	RecoDust [8, 9]
<i>Künstliche Mineralfasern</i> Glasswolle Steinwolle	Recyclingwolle, Baustoffindustrie	–	RecyMin [10]

Abb. 1: Prozessentwicklung der Trockenschlackengranulation von Hochofenschlacke mittels Rotationszerstäubung: mobile Laboranlage (ca. 500 g/Versuch) [1] (a), Technikumsanlage (ca. 250 kg/Versuch) [2] (b), semi-industrielle Pilotanlage (max. 1,5 t/min) [3] (c)

TABELLE 2 Anlagen- und Prozessübersicht – Hochtemperaturprozesstechnik				
Prozess/Anlage	Energiebereitstellung	Einsatzmaterial	Kapazität/Durchsatz	Temperaturbereich [°C]
InduMelt [Abschn. 2.1]	Induktiv	Klärschlammmasche Hochofenschlacke Stahlwerksschlacke	ca. 3 kg pro Versuch	1000–1700
InduRed [Abschn. 2.2]	Induktiv	Klärschlammmasche Stahlwerksschlacke	2–8 kg/h 1–3 kg/h	1500–1700
Flash Reaktor [Abschn. 2.3]	Erdgas/ Sauerstoffbrenner	Stahlwerksstäube Hochofenschlacke	300 kg/h	1300–1800 1300–1500

und in Tab. 3 die Abkühlungsmöglichkeiten mit ihren Einsatzmöglichkeiten beispielhaft dargestellt und werden in Folge näher beschrieben.

2.1 InduMelt – induktives Schmelzaggregat

Zur Behandlung und zum Schmelzen von Reststoffströmen im Labormaßstab kommt eine Eigenentwicklung eines induktiven Schmelzaggregats (InduMelt) zum Einsatz (Abb. 2a). Der Energieeintrag erfolgt dabei induktiv durch den Einsatz von Graphit als Suszeptor in unterschiedlichen Konfigurationen. Vorteil dieser Anlage ist die Variabili-

tät hinsichtlich der Verwendung unterschiedlicher feuerfester Werkstoffe und Abkühlungsvarianten der flüssigen Schmelze. Einerseits können Schmelzen modifiziert und bei verschiedenen Temperaturen zur Verfügung gestellt und anschließend gezielt abgekühlt werden (Abb. 2b). Andererseits werden Versuchsdaten zur induktiven Beheizung von Graphitschüttungen gesammelt, welche als Grundlagen für die Weiterentwicklung des InduRed-Prozesses dienen [4, 5].

TABELLE 3

Abkühlvarianten von flüssigen Schmelzen – Hochtemperaturprozessstechnik

Abkühlung	Einsatzmaterial	Kapazität/ Durchsatz	Steuergrößen
Rotationszerstäuber [Abschn. 2.4]	Hochofenschlacke [11] RecoDust Schlacke [8] modifizierte InduRed Schlacke [13]	ca. 3 kg pro Versuch	Material <i>chemische Zusammensetzung</i> <i>Abstichtemperatur</i> Anlage <i>Massenfluss</i> <i>Rotationskörper</i> <i>Material, Geometrie, Durchmesser</i> <i>Drehgeschwindigkeit</i>
Nassgranulation [Abschn. 2.5]	Hochofenschlacke [14] modifizierte Stahlwerksschlacke [15]	ca. 3 kg pro Versuch	Material <i>chemische Zusammensetzung</i> <i>Abstichtemperatur</i> Anlage <i>Massenstromverhältnis (Schmelze:Wasser)</i> <i>Rinne/Düse</i>

Abb. 2: InduMelt – induktives Schmelzaggregat: Anlagen-
aufbau [4] (a), Versuchsbe-
trieb (b)

2.2 InduRed-Anlage

Kernstück dieser Anlage ist der mit Grafitwürfeln gefüllte Reaktor (Abb. 3a), in dem die Reduktion der verschiedenen Einsatzmaterialien zur Wertstoffrückgewinnung und Modifikation bei Temperaturen bis zu 1700 °C stattfindet. Die Anlage besteht aus einer Dosiereinheit, dem Reaktor, einer Nachverbrennung für die Reaktorgase und einem Wäscher (Abb. 3b).

Bei den voreingestellten Temperaturen und der entsprechenden Reaktoratmosphäre findet eine selektive Verflüchtigung der volatilen Komponenten statt. Anschließend erfolgt die Abgasbehandlung mittels Nachverbrennung, mit folgender Abkühlung und abschließender Abtrennung der Oxide am Gewebeslauchfilter. Die nichtflüchtigen Anteile des Einsatzmaterials bilden die sogenannte RecoDust-Schlacke am Reaktorboden, welche diskontinuierlich abgestochen wird (Abb. 4b).

2.3 RecoDust-Anlage

Die Anlage wurde entwickelt, um zinkhaltige Stäube aus integrierten Hüttenwerken zu verwerten (Abb. 4a). Der Energieeintrag erfolgt mittels Erdgas-/Sauerstoffbrenner. Zu Beginn des Prozesses findet die Verschlackung des Einsatzmaterials unter reduzierenden Bedingungen und bei Temperaturen von bis zu 1800 °C im Reaktorraum statt.

2.4 Rotationszerstäuber

Zur Abkühlung von flüssigen Schmelzen steht die Rotationszerstäubung in Kombination mit der InduMelt-Anlage zur Verfügung (Abb. 5a). Dabei erfolgt die Desintegration des auf dem rotierenden Element aufgetragenen Flüssigkeitsfilmes durch die wirkenden Zentrifugal- und Reibungs-

Abb. 3: InduRed: Reaktor (a),
Anlagenaufbau (b)

Abb. 4: RecoDust-Prozess:
Verfahrensschema (a), Abstich –
Flash-Reaktorboden (b)

kräfte in Abhängigkeit von den Stoffeigenschaften und Prozessparametern (Abb. 5b). Ziele der Untersuchungen sind:

- Entwicklung von empirischen Kenngrößen zur Prozessbeschreibung
- Bestimmung des Steuergrößeneinflusses auf die Qualitätsmerkmale
- Optimierung von Mess- und Kamerasystemen im Hochtemperaturbereich

2.5 Nassgranulation

Basierend auf dem Stand der Technik zur Abkühlung von flüssigen Hochofenschlacken steht eine Nassgranulations-

anlage mit Wasser zur Verfügung. Die Versuche können entweder mittels Rinne oder Düse (Abb. 6a) durchgeführt werden und liefern je nach definierter Steuergröße ein entsprechendes Granulationsprodukt (Abb. 6b). Die Zielsetzungen der Anlage sind:

- Bestimmung des Steuergrößeneinflusses zur Leistungsfähigkeitssteigerung von Hüttensand für die Zementindustrie
- Entwicklung von alternativen, hydraulisch wirksamen Zusatzstoffen für die Betonherstellung

Abb. 5: Rotationszerstäuber:
InduMelt – Tiegelaufbau [6] (a),
Versuchsbetrieb – Scheiben-
zerstäubung [5] (b)

Abb. 6: Nassgranulation mit
Wasser: Versuchsdurchführung – Rinne (a); Granulations-
produkt – Hochofenschlacke (b)

3. Projekte

Folgend werden die aktuellen Projekte der Hochtemperaturprozessentechnik näher erläutert, wobei die oben beschriebenen Anlagen und Prozesse zum Einsatz kommen.

3.1 CEMphos – Phosphorrückgewinnung im Zementwerk

Im Rahmen des Projektes CEMphos wird an der Integration einer Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm in die Zementindustrie gearbeitet. Basierend auf dem erfolgreich abgeschlossenen EU-Projekt „RecoPhos“ [7], liegt der aktuelle Lehrstuhlfokus auf der Weiterentwicklung des Phosphor-Recycling-Verfahrens in der InduRed-Anlage. Das Kernstück dieser Technologie bildet der induktiv beheizte InduRed-Reaktor, worin die Reduktion der oxidierten

Phosphorverbindungen mittels Kohlenstoff als Reduktionsmittel und Siliziumdioxid zu elementarem Phosphor bei ca. 1550 °C stattfindet. Phosphor fällt dabei als Produkt an, gleichzeitig wird eine metall- und schwermetallarme Silikatschlackenfraktion gebildet. Diese Produktströme gilt es, für die Gegebenheiten und Anforderungen der Zementindustrie zu optimieren [8–10].

3.2 FORWÄRTS – Trockenschlackengranulation

Ziel des Forschungsvorhabens zur Wärmerückgewinnung mittels Trockenschlackengranulation (FORWÄRTS 2.0) ist der weltweit erstmalige Einsatz der Rotationszerstäubungstechnologie, um Hochofenschlacke trocken in einem semi-industriellen Maßstab (Abb. 1c) zu granulieren. Dabei soll hochqualitativer Hüttensand erzeugt und die thermische Energie der Schlacke zur Wärmerückgewin-

Abb. 7: Rotationskörpergeometriestudie – Hohlkörperzerstäuber [3]: Trommel (a), Trommelschlitz (b)

nung mittels Luft genutzt werden. Am Lehrstuhl wurden folgende Fragestellungen bearbeitet [1, 3, 6]:

- Bestimmung des Steuergrößeneinflusses auf die Qualitätsmerkmale, Rotationskörpergeometriestudie (Abb. 7)
- Entwicklung einer Echtzeitprozesscharakterisierung (optische Tropfendurchmesserbestimmung, ...)

3.3 K1-MET 1.2 – Steelmaking Slag and Product Development

Im Rahmen des Projektes wird an der sekundärrohstofflichen Verwertung von Stahlwerksschlacken gearbeitet. Die Zielsetzung besteht in der Entwicklung von Produkten aus Stahlwerksschlacke mit deutlicher Wertsteigerung. Die Hauptstoßrichtungen sind dabei einerseits die Rückführung der Wertmetalle, insbesondere Eisen, Mangan und Chrom, in den hütteninternen Produktkreislauf bei entsprechender Minderung der störenden Begleitelemente und andererseits die Verwendung der metallarmen Fraktion als Einsatzmaterial in der Baustoffindustrie unter marktkonformen Bedingungen. Der Lehrstuhl widmet sich dabei folgenden Fragestellungen [11, 12]:

- maximale Abtrennung der phosphorreichen von der eisenreichen Fraktion mittels InduRed
- Optimierung der Energieeffizienz der Phosphorabtrennung
- Optimierung der mineralischen Produktfraktion

3.4 K1-MET 1.3 – Circular Economy of Metallurgical Waste Materials

Das Projekt arbeitet an der nachhaltigen Schließung von Stoffkreisläufen in der metallurgischen Industrie. Anfallen-

de Reststoffe sollen als Sekundärrohstoff durch den RecoDust-Prozess bereitgestellt werden (Abb. 8; [13, 14]).

Basierend auf den bereits generierten Versuchsdaten der Technikumsanlage werden die erstellten Computermodelle abgeglichen und dienen als Basis zur Verfahrensverbesserung und Maßstabsvergrößerung für ein Anlagenkonzept mit einer Kapazität von 1000 kg/h LD-Konverterstaub [13, 14].

3.5 RecyMin – Recycling von künstlichen Mineralfasern (KMF)

Durch den Einsatz von künstlichen Mineralfasern (KMF) als Dämmstoffe im Bausektor fallen diese bei Rückbaumaßnahmen als Abfälle an. Die Deponierung, als vorrangiger Weg der Entsorgung in Österreich, gestaltet sich aufgrund der niedrigen Dichte und der geringen Formbeständigkeit herausfordernd. Das Projekt RecyMin beschäftigt sich daher mit dem Recycling und verfolgt darin verschiedenste Lösungsansätze, von der innovativen Deponierung bis zum Einsatz in der Zementindustrie. Am Lehrstuhl wird im Speziellen an der Entwicklung eines KMF-Recyclings gearbeitet [15]:

- Rückführung von KMFs in die Mineralwollindustrie
- Stoffliche Verwertung in anderen Industrien (Baustoffindustrie)

4. Schlussfolgerung bzw. Zusammenfassung

Die Hochtemperaturprozesstechnik im Bereich der Reststoffverwertung hat eine hohe Zukunftsrelevanz hinsichtlich der Rohstoffsicherung und Energieeffizienzsteigerung. Sowohl aus ökologischer als auch ökonomischer Sicht ist die Bearbeitung dieser Thematik sinnvoll und liefert einen

Abb. 8: Stoffflussdiagramm des RecoDust-Prozesses für LD-Konverterstäube [13]

wichtigen Beitrag zur Abfallvermeidung, Wertstoff- und Wärmerückgewinnung. Der Lehrstuhl für Thermoprozesstechnik an der Montanuniversität ist stetig bemüht, die Forschung in diesem Bereich voranzutreiben und marktfähige Problemlösungskonzepte in Kooperation mit Industriepartnern zu forcieren.

Danksagung. Das Forschungsvorhaben FORWÄRTS 2.0 wurde aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „Energieforschung“ durchgeführt. Folgende Projekt werden von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG), CEMphos im Rahmen des Programms „Produktion der Zukunft“ unter der Fördernummer 864855 und RecyMin im Rahmen des Programms „Bridge“ unter der Fördernummer 868064, gefördert. Das Forschungsprogramm des Competence Center for Excellent Technologies in „Advanced Metallurgical and Environmental Process-Development“ (K1-MET) wird im Rahmen des österreichischen Kompetenzzentren-Programmes COMET (Competence Center for Excellent Technologies) gefördert. Für die Förderungen sei an dieser Stelle ausdrücklich gedankt.

Funding. Open access funding provided by Montanuniversität Leoben.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. Doschek, K.: Trockenschlackengranulation – Bewertung der Scheibenzerstäubung von Hochofenschlacke mittels interaktiver Bilderfassung, Dissertation, Leoben, Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Thermoprozesstechnik, 2017
2. Doschek, K.; Raupenstrauch, H.: FORWÄRTS – Wärmerückgewinnung mittels Trockenschlackengranulation, Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, 160 (2015), Nr. 7, S. 328–332
3. Neuhold, R.; Fenzl, T.; Rummer, B.; Algermissen, D.; Doschek-Held, K.: Forschungsvorhaben zur Wärmerückgewinnung mittels Trockenschlackengranulation – FORWÄRTS 2.0, Publizierbarer Endbericht, 2019
4. Obererlacher, E.: Induktives Erwärmen von Suszeptoren in hochfrequenten Magnetfeldern, Bachelorarbeit, Leoben, Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Thermoprozesstechnik, 2017
5. Doschek-Held, K.; Hohenberger, M.; Mühlbacher, B.; Ponak, C.; Raupenstrauch, H.: Thermoprozesstechnik – Wertstoff- und Wärmerückgewinnung aus Eisenhüttenschlacken, in: Pomberger, R. (Hrsg.): POSTER-Konferenzband zur 14. Recy & DepoTech-Konferenz, Recy & DepoTech, Leoben, 07.11–09.11, Leoben: Eigenverl. Institut für Abfallverwertungstechnik & Abfallwirtschaft, 2018, S. 113–116
6. Hohenberger, M.: Optimierung einer Rotationszerstäubungsanlage zur Behandlung von Hochofenschlacke im Technikumsmaßstab, Masterarbeit, Leoben, Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Thermoprozesstechnik, 2019
7. Schönberg, A.; Raupenstrauch, H.; Ponak, C.: Verfahren und Produkte der Phosphorrückgewinnung, in: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH (Hrsg.): Energie aus Abfall, Berliner Abfallwirtschafts- und Energiekonferenz, Berlin, 2018, 679–691
8. Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften: CEMphos – Integration der Phosphorrückgewinnung in den Zementherstellungsprozess zur reststofffreien Verwertung von Klärschlämmen, https://www.vt.wt.wien.ac.at/prueflabor_fuer_feuerungsanlagen/projekte/ceumphos/ (29.08.2019)
9. Ponak, C.; Windisch, S.; Raupenstrauch, H.; Schönberg, A.: Methoden und Verfahren der Klärschlammbehandlung, in: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH (Hrsg.): Energie aus Abfall, Berliner Abfallwirtschafts- und Energiekonferenz, Berlin, 2018, S. 669–678
10. Benedikt, F.; Adam, L.; Müller, S.; Hofbauer, H.; Windisch, S.; Ponak, C.; Fellner, T.; Tobias; Kaschke: CEMphos – Zwischenbericht, 2019
11. Ponak, C.: Carbo-thermal reduction of basic oxygen furnace slags with simultaneous phosphorus removal via the gas phase, Disser-

- tation, Leoben, Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Thermo-
 prozesstechnik, 2019
12. K1-MET – Metallurgical competence center: Project 1.2 – Utilization
 of Metallurgical Slags, [https://www.k1-met.com/
 forschungsprogramm/area_1/projekt_12/](https://www.k1-met.com/forschungsprogramm/area_1/projekt_12/) (17.09.2019)
 13. Raupenstrauch, H.; Doschek-Held, K.; Rieger, J.; Reiter, W.: Reco-
 Dust—An Efficient Way of Processing Steel Mill Dusts, *Journal of
 Sustainable Metallurgy*, 65 (2019), Nr. 11, S. 152
 14. K1-MET—Metallurgical competence center: Projekt 1.3—Circular
 Economy of Metallurgical waste materials, [https://www.k1-met.
 com/forschungsprogramm/area_1/projekt_13/](https://www.k1-met.com/forschungsprogramm/area_1/projekt_13/) (17.09.2019)
 15. Vollprecht, D.; Sattler, T.; Doschek-Held, K.; Galler, R.; Schimek, J.;
 Kasper, T.; Daul, J.; Pomberger, R.: Innovative Deponierung sowie
 Recycling von Mineralwolleabfällen im Bergversatz, in der Zement-
 und in der Mineralwolleindustrie, in: Thiel, S.; Thomé-Kozmiensky,
 E.; Pretz, T.; Senk, D.; Wotruba, H. (Hrsg.): *Mineralische Nebenpro-
 dukte und Abfälle*, Neuruppin: TK, 2019, 480–492

Hinweis des Verlags. Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnun-
 gen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen
 neutral.