

22.05.2025 | StahlTag

Produktivität und Effizienz mit DRI im EAF

Andreas Volkert
technischer Geschäftsführer
der Badischen Stahlwerke GmbH

Felix Firsbach Jens Apfel
Vice President Vice President
der Badischen Stahl-Engineering GmbH





PRODUKTIVITÄT UND EFFIZIENZ MIT DRI IM EAF



Agenda

- 01 Firmenvorstellung
- 02 Effizienter EAF-Betrieb
- 03 DRI als Einsatzmaterial
- 04 EAF-Betrieb mit DRI
- 05 Fazit

Die Geschichte der Badischen beginnt mit Willy Korf



- Willy Korf galt als Ausnahmefigur in der deutschen Stahlindustrie.
- Er setzte auf unternehmerisches Risiko, Eigenverantwortung und technische Innovation.
- Hatte ein Gespür für Innovationen wie
 - die Schrott- und später DRI-basierte Elektrostahlroute
 - die Direktreduktion (1974, Midrex) und Corex-Technologie
 - die EOF-Technologie (1982, MiniTec)
- **Interessant: Erste Corex-KR-Pilotanlage wurde auf dem heutigen Gelände der BSN betrieben.**
 - KR: Kohle-Reduktion
 - 9. Kampagnen von 1981 bis 1986
- **Sein innovatives Denken machte ihn zu einem Wegbereiter der modernen CO₂-reduzierten Stahlerzeugung**



Firmengründer Willy Korf nahm 1965 in Kehl ein Walzwerk in Betrieb, 1968 folgte das Stahlwerk.



Bau der KR-Pilotanlage auf dem Gelände der heutigen BSN



... und begründete die globale Mini Mill-Welt

- **Die von ihm gegründeten Werke - allen voran BSW - leben eine eigene industrielle Kultur:**
 - flache Hierarchien
 - hohe technische Kompetenz und
 - starke regionale Verankerung.
- **Willy Korf versuchte**
 - sich mit der Schrott-basierten Elektrostahlroute unabhängig zu machen.
- **In Zeiten von kritischer Schrottverfügbarkeit,**
 - setzte er auf DRI-Einsatz im EAF.
- **US-Erfolgsgeschichten wie Nucor**
 - nahmen sich Willy Korf und besonders sein erstes Stahlwerk BSW zum Vorbild für die US Mini Mill Revolution der 1970er.
- **Trotz großer Innovationskraft**
 - musste sein Imperium aufgelöst werden. BSW ging 1985 an Horst Weitzmann und Hans Seizinger.

Standorte	Start	Produktion	Kapazität	Heute
Kehl, Deutschland	1968	EAF	2,1 Mio t/a	Badische Stahlwerke
Georgetown, SC, USA	1969	DRP + EAF	500 kt/a	Liberty (stillgelegt)
Hamburg, Deutschland	1971	DRP + EAF	1,1 Mio t/a	ArcelorMittal
Montereaup, Frankreich	1973	EAF	500 kt/a	Riva (stillgelegt)
Beaumont, TX, USA	1976	EAF	700 kt/a	Optimus Steel

Von Willy Korf erbaute und betriebene Elektrostahlwerke



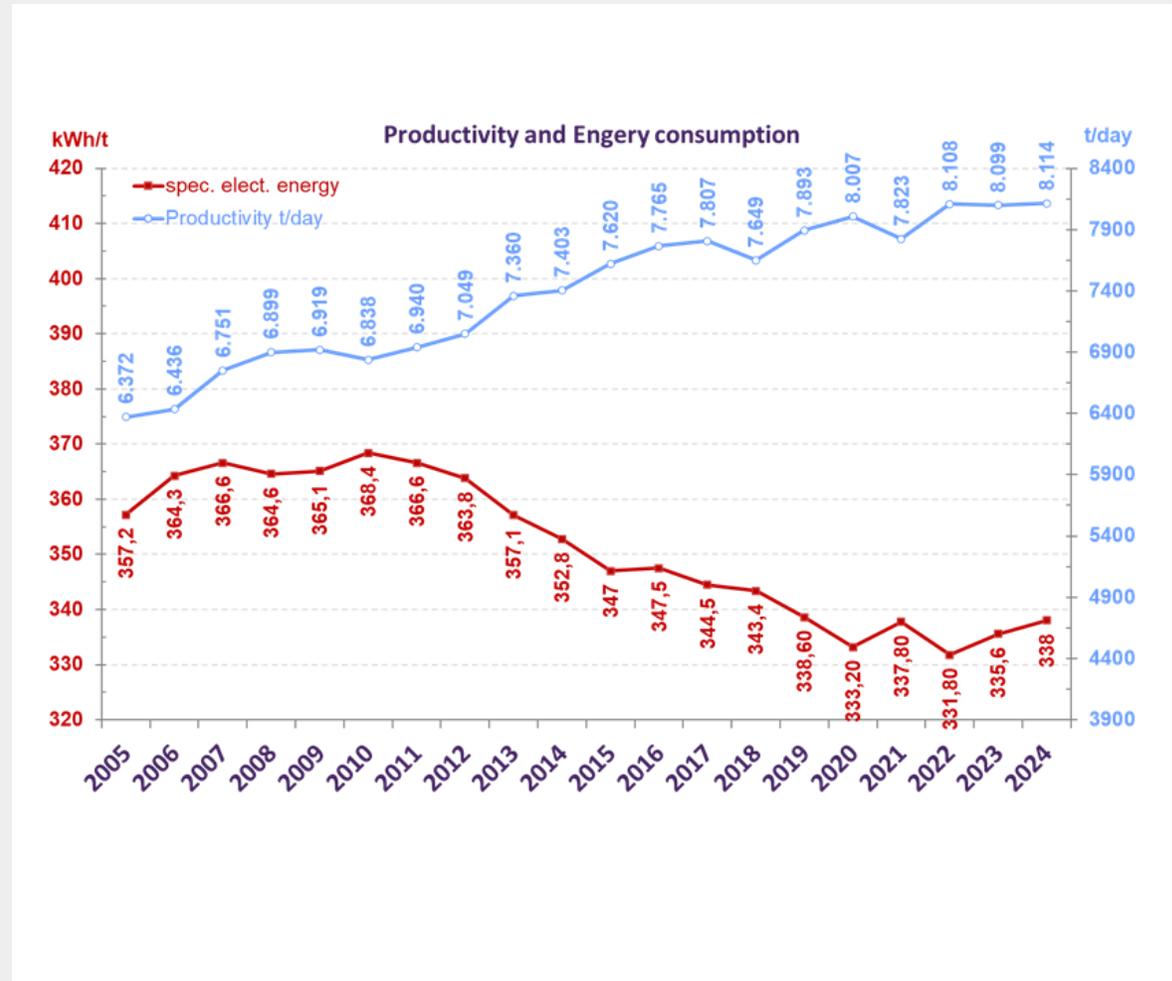
Kontinuierliche Effizientsteigerung seit 1968

■ Geschichte

- 1955: Erstes Drahtverarbeitungswerk
- 1968: BSW Mini-Mill (350.000 t/a Kapazität)
- 1989: > 1 Mio. t/a Produktion
- 2005: > 2 Mio. t/a Produktion
- 2016: 2.371 Mio. t/a Produktion (Rekord)
- 2024: 2.016 Mio. t/a
- ~ 2,5 Mio. t/a Rohstahlkapazität

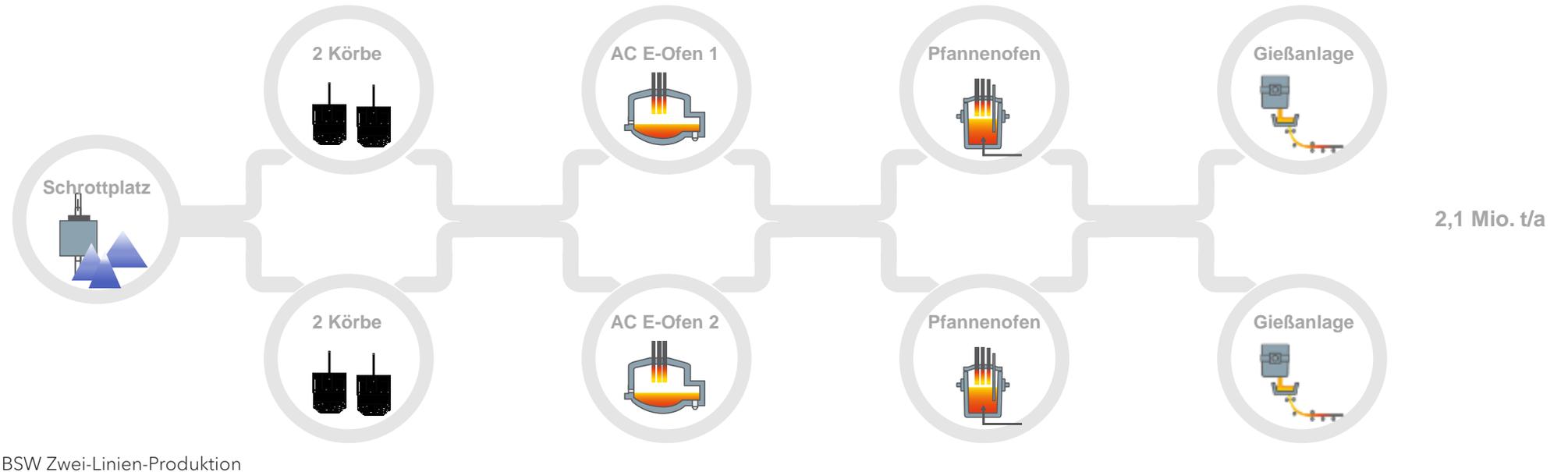
■ Betriebsstandorte

- 1 Stahlwerk
- 3 Walzwerke
- 9 Drahtweiterverarbeitungen





Mit 2 EAFs die maximale Produktivität erreichen...



KPIs 2024

- 1.200 Mitarbeiter
- 2,5 Mio. t/a Betonstahlkapazität
- > 1.700 Kunden
- > 1 Milliarden € Umsatz
- Jahrestonnage: 2.016.032 t_{gb}
- Abstichgewicht: 109,54 t_{gb}
- TTT: 38,88 min
- PON: 29,63 min
- Produktivität: 338,1 tph
- Elektrizitätsbedarf: 338,0 kWh/t_{gb}
- O₂-Bedarf: 36,98 Nm³/t_{gb}
- Erdgas-Bedarf: 4,6 Nm³/t_{gb}
- CO₂-Emission: <55 kg/t_{gb} (Scope 1)
- Schrottmix mit 3% HBI & RE

...mit nachhaltiger Produktion



■ Zertifizierungen:

- EMAS I
- DIN EN ISO 14001 (1st steel plant)
- DIN EN 16001,
- DIN EN ISO 50001
- SustSteel

■ Europäischer CO₂-Benchmark

- für schrottbasierte Elektrolichtbogenöfen

■ Das einzige Stahlwerk

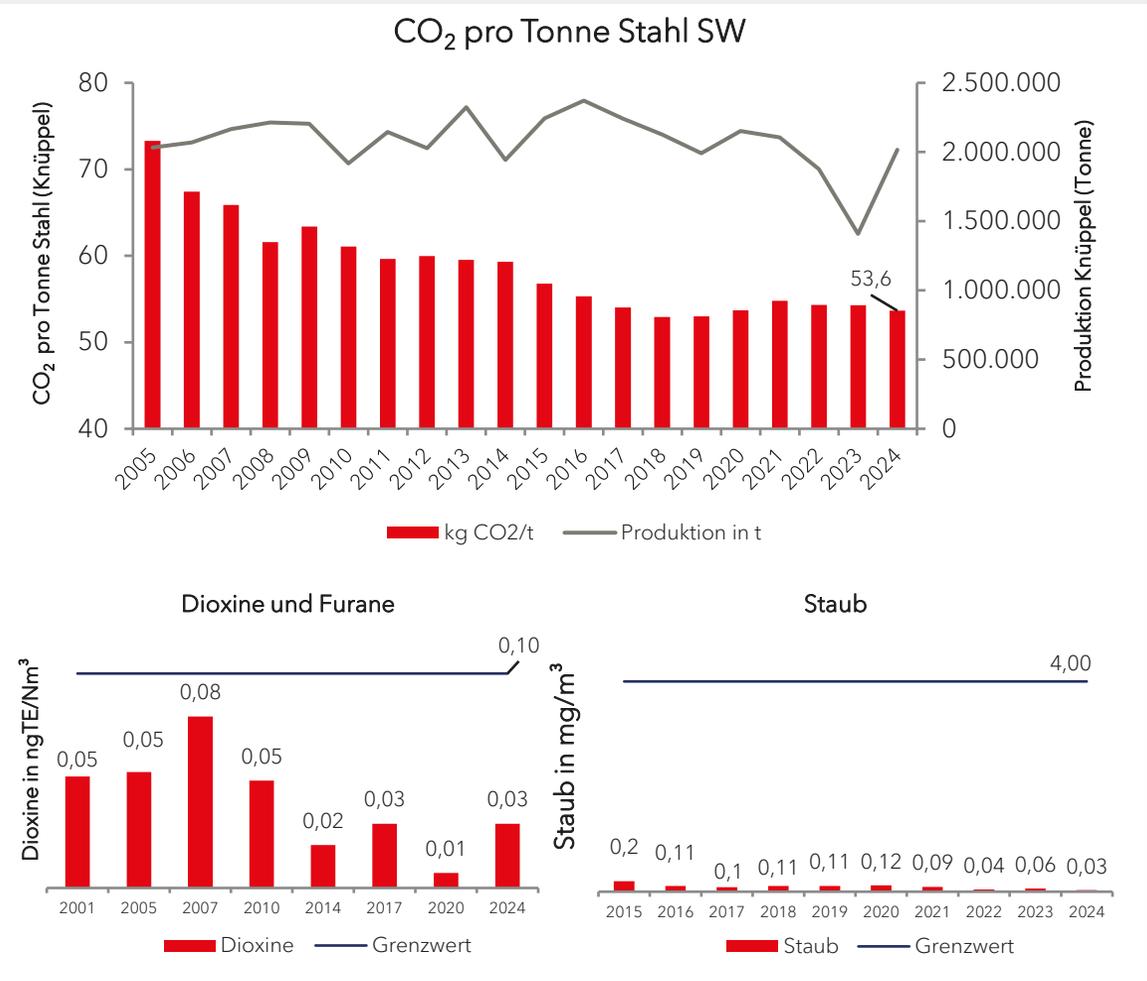
- mit kontinuierlicher Quecksilbermessung

■ Emissionen weit unter Grenzwerten

■ 27% weniger Treibhausgasemissionen

- in den letzten 15 Jahren

■ Badische Stahlengineering (BSE) als weltweites Technologie- und Beratungsunternehmen





DRI unterscheidet sich vor allem im C-Gehalt, Metallisierungsgrad und Form

■ Direktreduktion bezeichnet

- die Verfahren der Eisenerzreduktion zur Erzeugung von Eisenschwamm (Direct Reduced Iron) unter Vermeidung der schmelzflüssigen Phase bei 750-1050 °C.

■ Gängiges Reduktionsmittel ist Erdgas,

- wobei auch Kohle in Indien eingesetzt wird mit entsprechender CO₂-Emission. In Zukunft soll H₂ und ggf. NH₃ das Mittel der Wahl sein.

■ Eisenschwamm

- wird in Pelletform (DRI) oder brikettiert (Hot Briquetted Iron) erzeugt.

■ Die wichtigsten Kenngrößen

- sind der Anteil an metallischem Eisen, der Metallisierungsgrad, der Kohlenstoffgehalt und die Gangart.

DRI: Schüttdichte: 1,6 - 1,9 t/m³HBI: Schüttdichte: 2,5 - 3,3 t/m³

	DRI (Erdgas)	HBI (Erdgas)	DRI (Kohle)	H ₂ -DRI
Reduktionsmittel	Erdgas	Erdgas	Kohlenstoff	Wasserstoff
Fe metallisch	83 - 86%	83 - 86%	80 - 84%	83 - 86%
C-Gehalt	1,0 - 4,0%	0,5 - 1,6%	0,2 - 0,25%	0,0%
FeO-Gehalt	5 - 9%	5 - 9%	6 - 10%	5 - 9%
Fe gesamt*	86 - 93%	86 - 93%	86 - 93%	86 - 93%
Metallisierung	92 - 96%	91 - 94%	86 - 92%	92 - 96%
Gangart*	2,5 - 8%			
P*	0,003 - 0,1%			
S*	0,003 - 0,03%			
Cu+Sn+Cr+Ni+Mo*	< 0,05%			
Schüttdichte	1,6 - 1,9 t/m ³	2,5 - 3,3 t/m ³	1,6 - 2,0 t/m ³	1,6 - 1,9 t/m ³

* Kann nicht oder kaum durch den DRI-Prozess beeinflusst werden



Höherer C-Gehalt, Metallisierung und Temperatur des DRI verringern den elektrischen Energieverbrauch

▪ Elektrische Energie und Ausbringen

- Produktivität und elektrische Energie sind stark von der Metallisierung und dem C-Gehalt abhängig. Umso höher beide sind, desto niedriger ist der Verbrauch. Hot DRI verringert den Energieverbrauch zusätzlich.

▪ Elektroden- und Feuerfestverbrauch

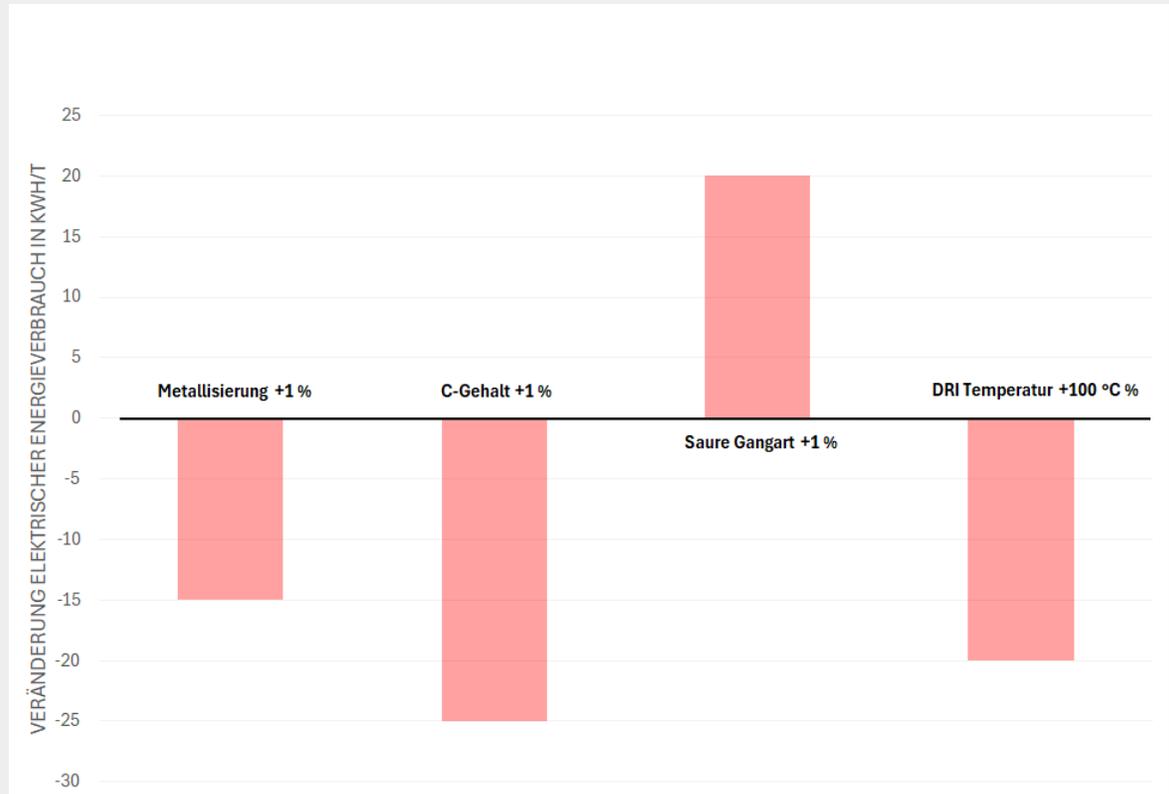
- Der Elektrodenverbrauch steigt mit steigendem DRI-Anteil und sinkender Metallisierung.

▪ Kalkverbrauch und Schlackenführung

- Je höher der DRI-Anteil in der Charge ist, desto größer ist die Menge an Kieselsäure in der Ofenbeschickung und desto mehr Kalk wird erforderlich.

▪ Produktivität

- Je höher der elektrische Energieverbrauch desto geringer die Produktivität bei gleichbleibendem Energieeintrag.



Einfluss der DRI-Eigenschaften auf den elektrischen Energieverbrauch



DRI im EAF erfordert kontinuierliche Förderung und Schaumschlacke über fast die gesamte Chargendauer

■ DRI und HBI werden

- Bevorzugt kontinuierlich über den EAF-Deckel chargiert.
- Chargierung mit dem Schrottkorb ist nur begrenzt möglich.

■ DRI-EAF

- Werden in sogenannter Flachbadfahrweise betrieben, bei der DRI/HBI in ein flüssiges Stahlbad gefördert wird.
- Das Aufschmelzen erfolgt indirekt über die Erhitzung des Stahlbads.
- Beim AC-EAF erfolgt die Förderung an den heißesten Punkt im Stahlbad, zwischen den Elektroden.

■ Flachbadfahrweise

- erfordert die Aufrechterhaltung der Schaumschlacke über fast die gesamte Chargendauer.
- Es werden kurze Lichtbögen gefahren, die leichter mit Schlacke eingehüllt werden können als lange Lichtbögen.
- Der Kohlenstoffbedarf hierfür ist größer als in einem Schrott-EAF.



Beispiel einer DRI-Förderung durch einen Deckeltrichter im Betrieb



Der Einsatz von DRI/HBI im EAF wird begrenzt durch die Förderrate und den Anteil im Einsatzmix

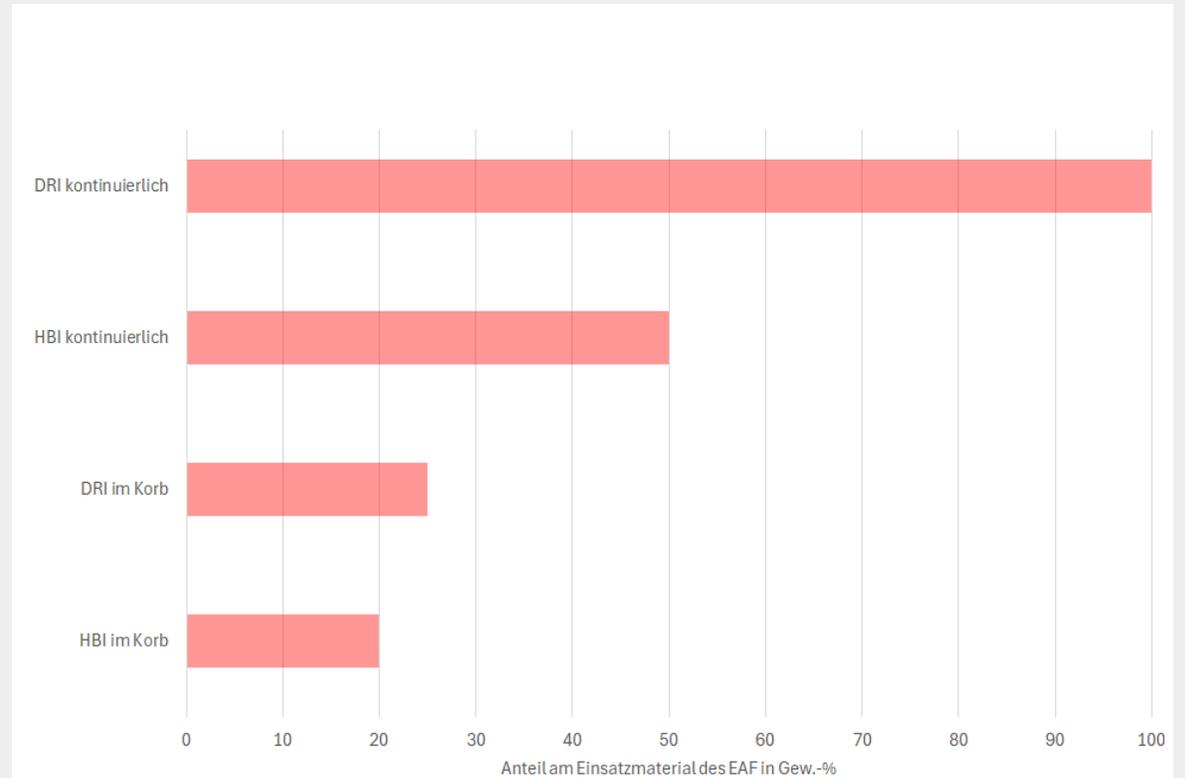
▪ DRI-Menge >25%

- kontinuierliche Förderung über den Ofendeckel notwendig
- DRI-Förderung starten, wenn Schrott flüssiger ist
- Stabile Badtemperatur von 1530 - 1570 °C herstellen
- DRI-Förderrate auf aktuellen Leistungseintrag abstimmen
- Balance zwischen Überhitzung und Eisbergen

▪ Typische Förderraten durch das 5te Deckelloch

- Die Förderraten sind abhängig vom elektrischen Wirkleistungseintrag und der DRI/HBI-Qualität.
- Überschreitung der Förderraten führt zu festen, ungeschmolzenem Material zwischen den Elektroden (Eisbergbildung).

- Hot DRI: 50 - 60 kg / (min * MW)
- Cold DRI: 38 - 42 kg / (min * MW)
- HBI: 28 - 30 kg / (min * MW)



Vorgeschlagene maximale Einsatzmengen von DRI und HBIc

Nur ein geringer Anteil des verschifften Eisenerzes hat DRI-Qualität und ist geeignet für den EAF-Einsatz



■ Verfügbarkeit

- Nur ein kleiner Prozentsatz des verschifften Eisenerzes hat einen Eisenanteil von über 67%.

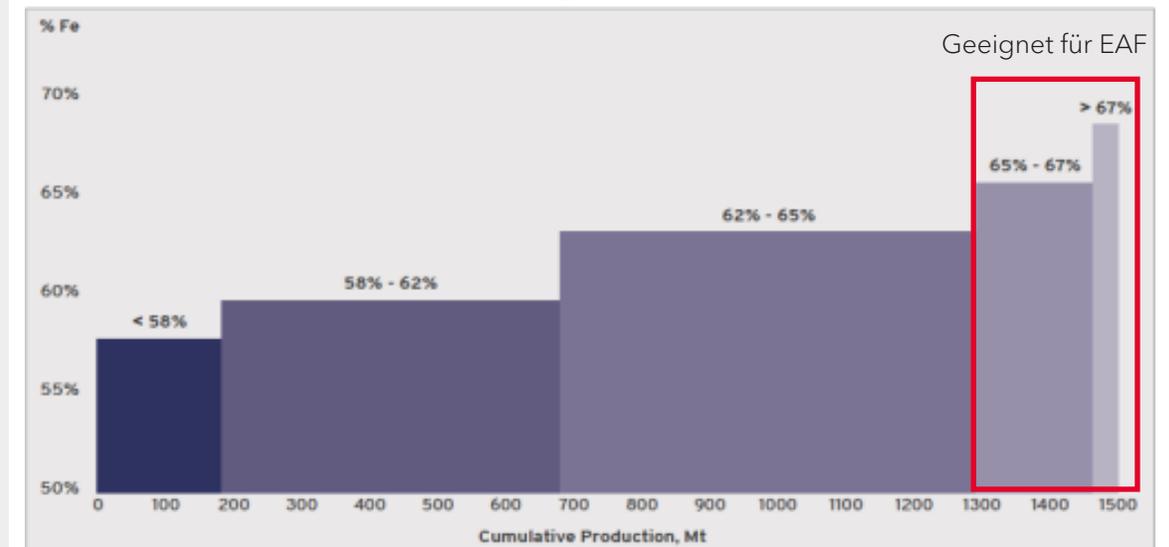
■ Anreicherung

- Eventuell muss eine weitere Erzaufbereitung durchgeführt werden.

■ Potential

- Eisenerze mit Fe-Gehalten $> 65\%$ können als DRI zwar auch verwendet werden, aber nur in kleineren Mengen wenn die Produktivität nicht zu stark beeinträchtigt werden soll.
- Geringe Fe-Gehalte führen zu größeren Schlackenmengen und höheren elektrischen Verbräuchen.

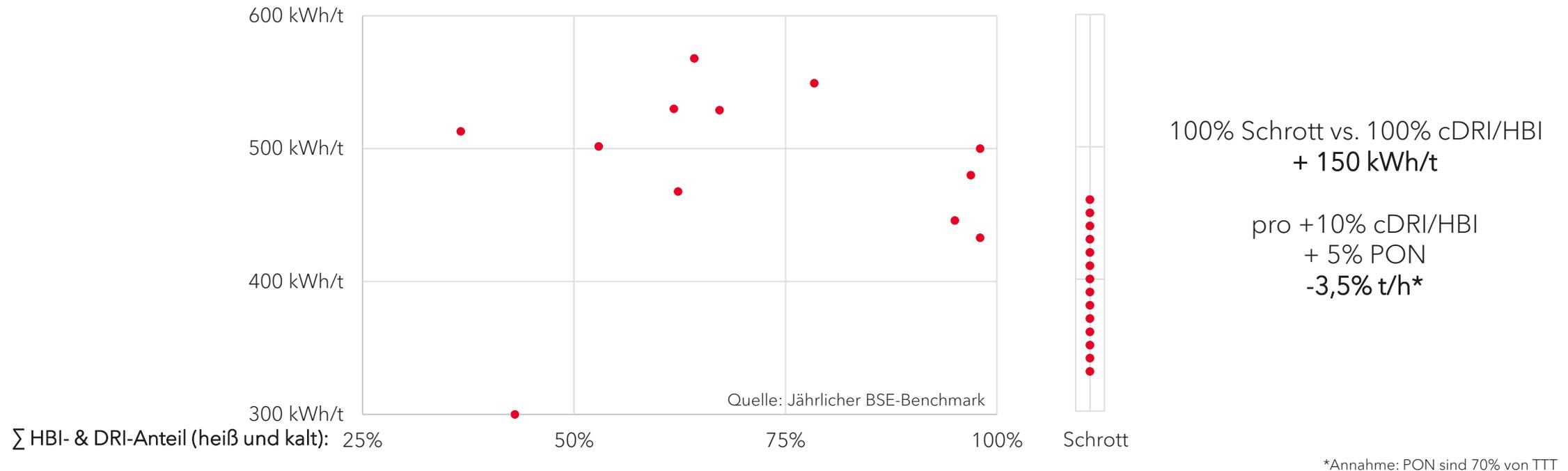
Verschifftes Eisenerz nach Eisengehalt



Quelle: Mission Possible Partnership: Net Zero Sector Transition Strategy



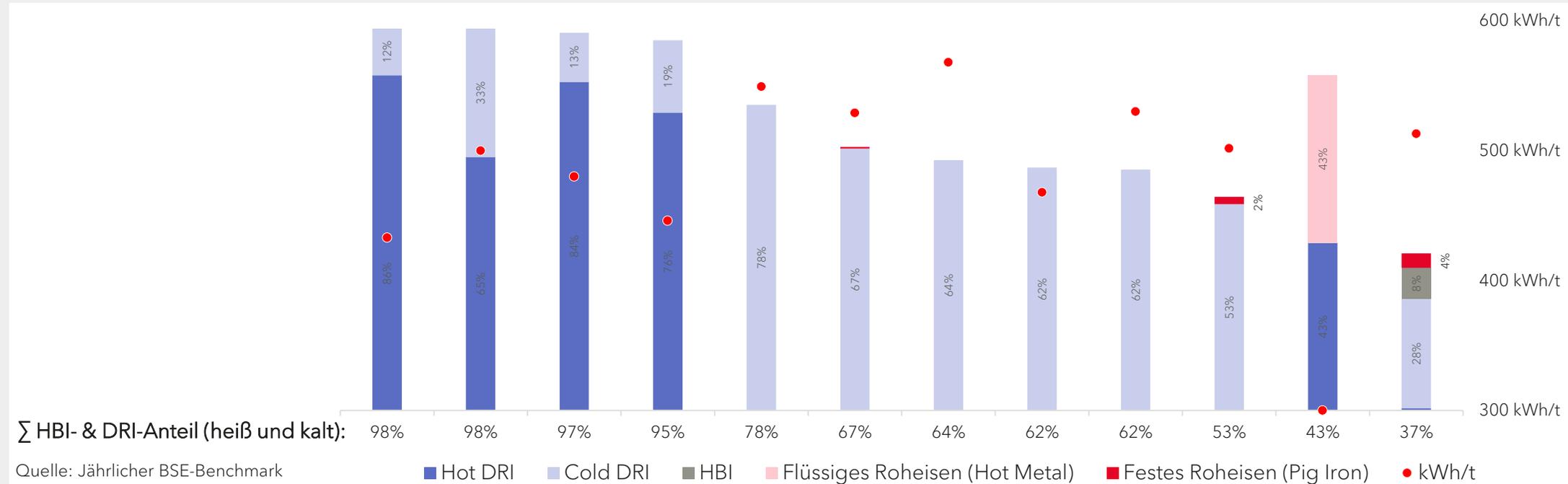
Verschiedene E-Öfen im weltweiten Vergleich



- E-Öfen mit Schrott-Chargierungen produzieren heute mit 330-460 kWh/t.
- Unterschiedliche Anteile an DRI führen meist zu elektrischen Verbräuchen >500 kWh/t.
- DRI-Chargierung hat je nach Temperatur unterschiedliche starken Einfluss auf die Produktivität.
- DRI-Anteil alleine ist nicht aussagekräftig.



... die Chargierung bringt Potential



- Übliche hDRI-Temperaturen liegen zwischen 430-600 °C.
- Umso höher der Einsatz von hDRI ist, desto mehr nähert sich der elektrische Verbrauch den industriell-niedrigsten Wert von 430 kWh/t.
- Schrott, Equipment und Prozesse haben immer noch einen großen Einfluss.
- Flüssiges Roheisen ist sehr schwierige im operativen Handling, aber kann in Kombination mit HDRI mit den Garantiewerten der Schrottvorwärmung konkurrieren.



hDRI-Öfen können hohe Jahrestonnagen erreichen

Ort	Kehl, Deutschland
Kapazität	2.500.000 t/a
Jahrestonnage	2.016.032 t/a
Betriebszeit	5.963 h/a
Schmelzen	18.405
Abstichgewicht	2x 110 t
Hot DRI	0%
Cold DRI	0%
Elektrischer Verbrauch	338 kWh/t
Tap-to-Tap	39 min
Produktivität	338 t/h

Ort	MENA
Kapazität	2.500.000 t/a
Jahrestonnage	2.300.000 t/a
Betriebszeit	6.970 h/a
Schmelzen	10.455
Abstichgewicht	220 t
Hot DRI	65%
Cold DRI	33%
Elektrischer Verbrauch	490 kWh/t
Tap-to-Tap	40 min
Produktivität	330 t/h

- **BSW dient hier mit zwei E-Ofen als Referenz für ein höchsteffizientes Stahlwerk.**
- **Mit konventionellen AC-EAF sind**
 - 1) POFF-Minimierung
 - 2) kontrollierte Schrottgattierung und
 - 3) schnelle Prozessabläufe**der Schlüssel für hohe Jahrestonnagen.**

- **Das Beispielwerk mit 98% DRI hat eine ähnliche Jahrestonnage mit doppeltem Abstichgewicht.**
- **Durch den hohen Anteil an Hot DRI ist eine Korbchargierung nicht notwendig und POFF sind somit drastisch reduziert.**
- **kWh/t ist nun der Schlüssel-KPI, von welchem weitere KPIs abgeleitet werden (MW für Förderung, Schlackenschäumung, %C in DRI, etc.)**



Hohe DRI-Qualität und der Kohlenstoffgehalt bestimmen die Produktivität eines DRI-EAF

■ C-Gehalt

- DRI mit einem C-Gehalt von 2,0 – 2,5% ist optimal für chemischen Energieeintrag and Bildung von Schaumschlacke.
- Deutlich höhere Werte können zu Nachblaszeiten und damit längeren tap-to-tap Zeiten führen.

■ Qualität

- Die Auswahl der DRI-Qualität bzw. des Eisenerzes ist entscheidend für die Effizienz des EAF-Prozesses.
- Hierbei besonders wichtig ist der Eisenanteil und der Anteil der Gangart bzw. des SiO₂ Gehalts.

■ Metallisierungsgrad sollte mindestens 93% betragen.

■ Heißes DRI bringt zusätzliche Energie in das System und erhöht die Produktivität.

■ EAF-Technologie muss an die Flachbadfahrweise angepasst werden.

DRI quality	gut	mittel	schlecht
Kohlenstoff	> 2%	2,0 – 1,0%	< 1,0%
Eisen gesamt	> 87%	85 – 87%	< 85%
Metallisierung	> 94%	94 – 92%	< 92%
Gangart	< 3,5%	3,5 – 6%	> 6%



Meistern der Herausforderungen beim Einschmelzen von DRI im EAF

▪ Tiefes Prozessverständnis

- Energie-Management (Brenner, Taps, Förderung)
- Schlackenführung (Flachbadphase)
- DRI-Qualität
- DRI-Förderung (Equipment, MW)
- Erfahrung im (DRI-)EAF-Betrieb

▪ Liebe zum Detail im Team

- Arbeiter und Ingenieure, Betrieb und Instandhaltung, müssen zusammenarbeiten und als DAS Produktionsteam agieren.
- Viele kleine Veränderungen vom Schrottplatz, der DR-Anlage hin bis zum Knüppel oder der Bramme führen zum Ziel.
- Bei BSW und den Beratungskunden der BSE ist es das Ziel, Produktion und Produktivität durch Detailänderungen zu optimieren.



Ein herzliches Glück auf
aus Baden an den VDEh!



+49 7851 83-0



info@bsw-kehl.de



[linkedin.com/company/badische-stahlwerke-gmbh](https://www.linkedin.com/company/badische-stahlwerke-gmbh)