1. **Merkmale und Rahmenbedingungen eines zukunftsfähigen Rechenzentrums 2030 mit HFO-Kühlung:**

- Energiestrategie: hoher Anteil erneuerbarer Energie, stabile Netzverfügbarkeit, sowie effiziente Kühlung (R1234ze-basierte Systeme Luftkühlung sowie R1233zd in direct-to-chip Kühlung) mit geringem Global Warming Potential.
- Kühlungstechnologien: modulare, hoch effiziente Kältekreisläufe, sekundärseitige Kühlung, Abwärmenutzung, oder Hybridlösungen (Luft- und Flüssigkeitskühlung) unter Einsatz von R1234ze/R1233zd (latest tech) in geeigneten Komponenten.
- Sicherheit und Umweltverträglichkeit: zertifizierte Kältemittelkreisläufe, Leckagemanagement, Emissionsabschätzung, Notfallpläne.
- Infrastrukturlogistik: Zugang zu installierbaren Kältemittelmengen, Wartungspartnern mit Kältefachwissen, Netzkapazität für Kühlbedarf.
- Regulierung/Compliance: Beachtung von Abgaben, Subventions- und Fördermöglichkeiten für Low-GWP-Lösungen; DSGVO-/Kritische-Infrastruktur-Anforderungen.
- Forschungs- und Innovationszugang: Kooperationen zu Kühllösungen, KI-Optimierung, Sensorik, Monitoring für Wirkungsgrad.
- Fachkräfte und Sicherheit: qualifizierte Techniker für HFO-Systeme, Cybersicherheit von Controls, physische Sicherheit.
- Nachhaltigkeit: NVnom aus HFO-Cycles, Emissionsreduktion, ESG-Reporting.

2. **Zentrale Herausforderungen und Chancen für Deutschland mit HFO-Kühlung**

- Herausforderungen:
    - Verfügbarkeit und Preisstabilität von HFOs, Regelungen zur Abgabe/Entsorgung.
    - Leckagerisiko: sorgfältiges Containment, regelmäßiges Leckage-Management nötig.
    - Langzeitsicherheit: Wechselwirkungen von Kältemitteln mit Komponenten, Materialverträglichkeit.
    - Genehmigungen und Standardisierung: Harmonisierung von Normen für neue Kältemittel.
- Chancen:
    - Deutlich geringere GWP im Vergleich zu „alten“ F-Gasen hoher Treibhauswirkung.
    - Förderprogramme für energieeffiziente Kühlung und Abwärmenutzung.
    - Potenzial für bessere ESG-Bilanz durch transparente Emissionsreduktion.
    - Innovationsimpulse durch KI-gesteuerte Kühl- und Betriebsführung.

3. **Welche Rahmenbedingungen sollten verändert werden, um Investitionen zu fördern und Innovation zu ermöglichen**

- Regulierung:
    - Klar definierte Richtlinien für den Einsatz von HFOs, Leckagekontrollen, sowie sichere Beschaffung/Entsorgung.
    - Förderungen speziell für Low-GWP-Kühlkreisläufe inklusive Modernisierung bestehender Anlagen.
- Infrastruktur:
    - Sicherung von Lieferketten für Kältemittel und Wartungskompetenzen; Schulungs- und Zertifizierungsprogramme.
    - Unterstützung beim Lastmanagement, Netzausbau und redundanten Kühlkapazitäten.
- Finanzierung:
    - Investitionszuschüsse, steuerliche Anreize, zinsgünstige Darlehen für nachhaltige Kühlung.
    - Förderlinien für Nachrüstung, Modernisierung, Abwärmenutzung.
- Standards und Sicherheit:
    - Einheitliche Sicherheitsstandards, Notfallpläne, regelmäßige Audits für Kälte-Kreisläufe.
- Standortpolitik:
    - Cluster-Programme, gemeinsame Pilotprojekte mit Forschungseinrichtungen zur KI-gestützten Optimierung von HFO-Systemen.

4. **Rolle des Staates bei souveräner und resilien Recheninfrastruktur**

- Moderation und Investitionsanreize:
    - Förderprogramme, Risikoteilung bei Großprojekten, klare Rechtsrahmen.
- Standardisierung und Sicherheit:
    - Entwicklung gemeinsamer Standards für HFO-Kreisläufe, Zertifizierungen, Datensouveränität.
- Infrastrukturförderung:
    - Ausbau sicherer Strom- und Glasfaserinfrastrukturen, regional ausbalancierte Entwicklung, Notfallpläne.
- Forschung/Innovation:
    - Förderung von Public-Private Partnerships, Pilotprojekten zu HFO-basierten Kühlungslösungen, KI-gestützte Betriebsführung.
- Krisenresilienz:

- Notfall- und Wiederaufbaupläne, redundante Systeme, Schutz kritischer Infrastruktur.

5. **Konkrete Maßnahmen oder Best Practices aus Praxis/Erfahrung**

- Frühzeitige Standort- und Netzplanung: integrierte Energie-, Kühl- und Kommunikationsplanung mit Clearing der Genehmigungen.
- Energieeffizienz von Anfang an; efficiency first Ansatz -> klare Kältemittel-Strategie für die Kühlung aber auch Abwärmenutzung von Rechenzentren
- Förderungen, Steuererleichterungen für den Tausch (retrofit) aber auch Einsatz von low GWP HFO Kältemittel im RZ (nicht nur blind auf nicht-fluorierte Kältemittel setzten weil diese nicht überall das beste Resultat liefern oder gar eingesetzt werden können – blauer Engel Programm ist hinderlich!)

Kontaktdaten für Rückfragen:

Fabian IPFELKOFER

Business development manager (data center fluids cooling & heating)

Honeywell | Energy & Sustainability Solutions | fluorine products (refrigerants)

Mobile: +49 151 28397478

fabian.ipfelkofer@honeywell.com

Fabian.ipfelkofer@solstice.com (active from 1st January 2026)

Honeywell Specialty Chemicals Seelze GmbH, Wunstorfer Str. 40, DE-30926 Seelze