

# SPANNUNGSKORROSION (CSC)

---

SITZUNG DER CLI CATTENOM VOM 3. OKTOBER 2022

---

# INHALTSÜBERSICHT

I – Kontext

II – Feststellung und durchgeführte Untersuchungen

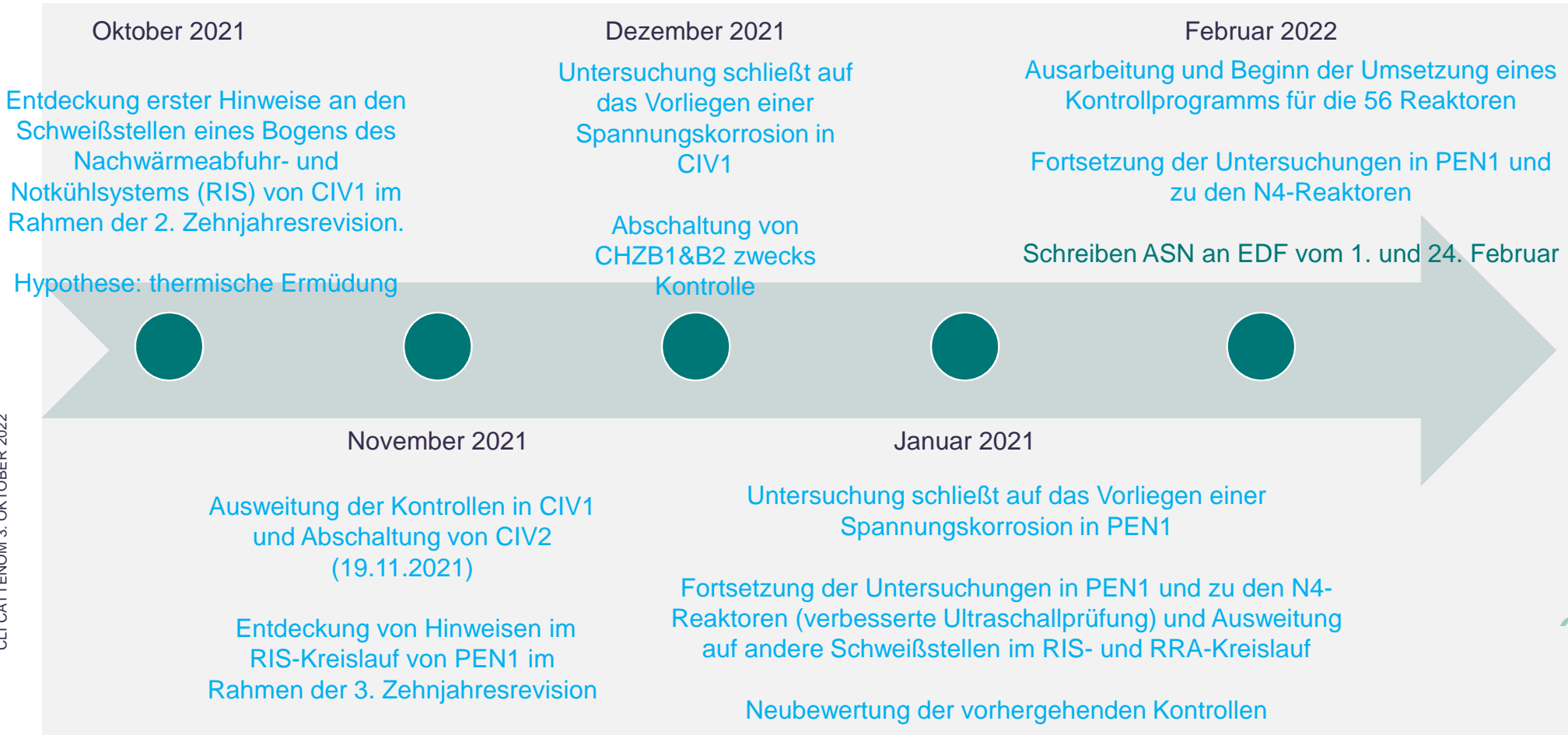
III – Verständnis des Phänomens

IV – Sicherheitsanalyse

V – Reaktoren von Cattenom

VI – Schlussfolgerungen und Programm zur Überwachung im Betrieb

# CHRONOLOGIE



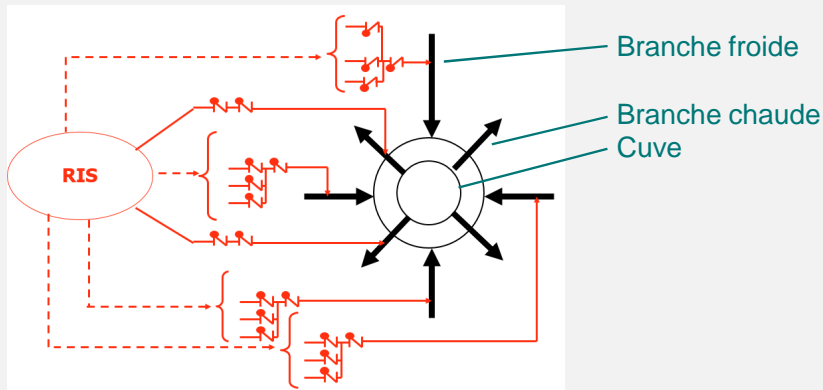
# CHRONOLOGIE UND WEITERES VORGEHEN



# ERINNERUNG – HILFSROHRLEITUNGEN DES PRIMÄRKREISLAUFS

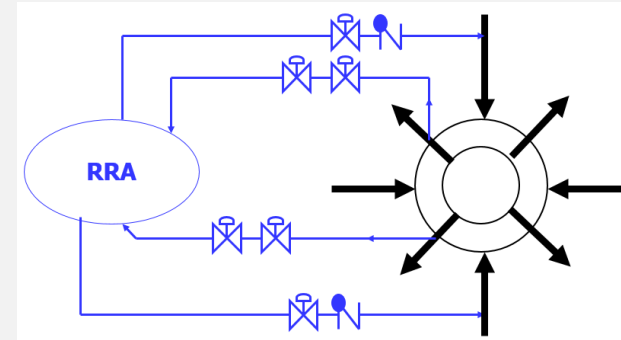
## RIS-Kreislauf (Sicherheitseinspeisung):

*Ermöglicht bei einem Störfall mit einer größeren Leckage im Primärkreislauf des Reaktors, Borwasser unter Hochdruck in diesen Kreislauf einzuspeisen, um die Kühlung des Reaktorkerns sicherzustellen.*



## RRA-Kreislauf (Kühlung des Reaktors in Abschaltung):

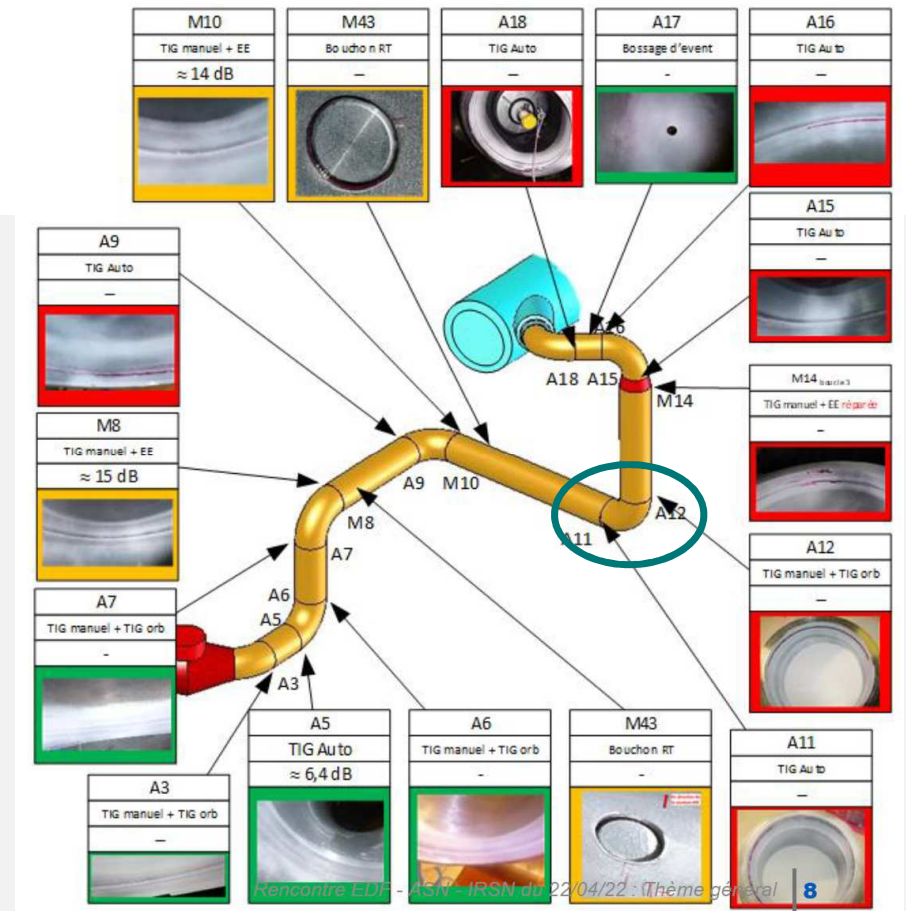
*Stellt die Kühlung des Reaktors beim Herunterfahren des Reaktors, während der Abschaltung und beim Wiederaufahren sicher.*



- Rohrleitungen mit einem Durchmesser von 8, 10 und 12 Zoll (200, 250 und 300 mm) aus Inox (316L)
- Unterschiedliche Konfigurationen je nach Reaktortyp

# ZERSTÖRUNGSFREIE UND ZERSTÖRENDE PRÜFUNGEN

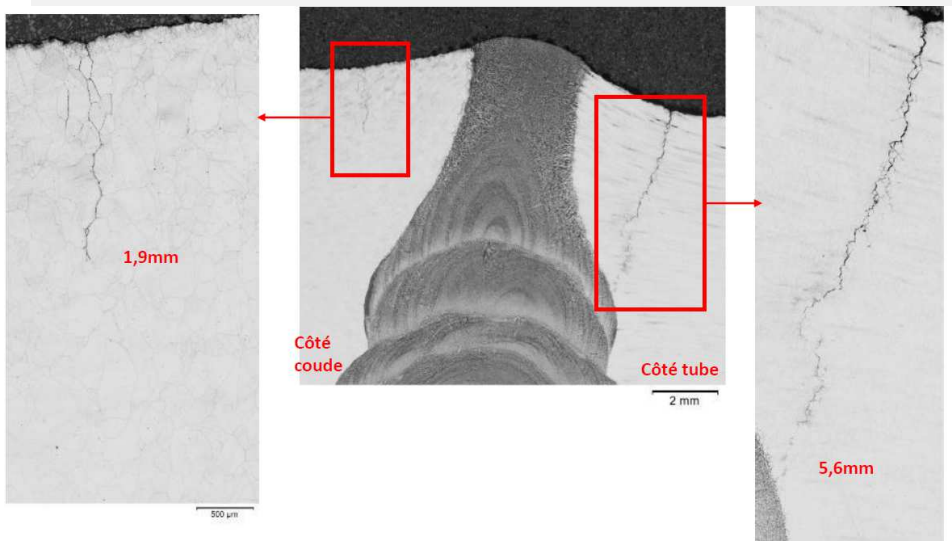
- **Bisherige zerstörungsfreie Ultraschallprüfungen** => durchgeführt im Rahmen der ZR, um Risse durch thermische Ermüdung zu identifizieren => entsprechende Hinweise in Civaux 1 und Penly 1 beobachtet, was zu einer Neubewertung aller im EDF-Kernkraftwerkspark durchgeführten Kontrollen führte;
- **Zerstörende Prüfungen:** Rohrleitungsabschnitte werden herausgetrennt und im Labor untersucht => ermöglicht eine Bestätigung des **Phänomens der Spannungskorrosion**;
- **Verbesserte zerstörungsfreie Ultraschallprüfungen:** entwickelt von EDF und seit Sommer 2022 umgesetzt; sie ermöglichen es, das **Phänomen der Spannungskorrosion** zu identifizieren, ohne Abschnitte herauszutrennen, und die Mängel ab einer Tiefe von 2 mm zu **quantifizieren**.



Im Rahmen der ZR überprüfte Schweißstellen und Bereiche mit Bestätigung einer Spannungskorrosion – Civaux 1

## ANALYSE DER RISSE

### Beobachtungen



- Interkristalline Risse;
- Im Grundmetall, in unmittelbarer Nähe der Schweißstellen (Bereich mit thermomechanischer Belastung);
- Maximale Ausdehnung von 360° (gesamter Umfang) und maximale Tiefe von 5,6 mm in allen N4-Reaktoren.

Beispiel Civaux 1 – Reaktor 1 – Schweißstelle A12 –  
Sicherheitseinspeisung

# VERSTÄNDNIS DES PHÄNOMENS

## Die Spannungskorrosion ist ein multifaktorielles Phänomen

### Umgebungsbedingungen

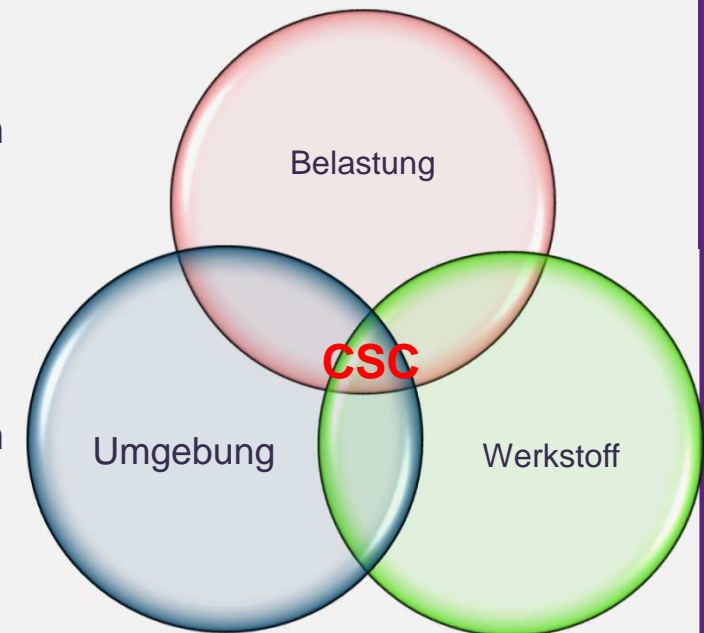
- Es wurde keinerlei Anomalie der chemischen Bedingungen festgestellt.
- Die Spannungskorrosion wird thermisch aktiviert.

### Werkstoff

- Analyse der Fertigungsberichte: keinerlei Korrelation zwischen den Mängeln durch Spannungskorrosion und den Schweißverfahren

### Belastung

- Thermomechanische Belastungen und Geometrie der betroffenen Leitungen
- Sonderfall ausgebesserte Schweißstellen





# SICHERHEIT

## Reaktoren in Abschaltung

- Alle Reaktoren, die als besonders anfällig für das Phänomen der Spannungskorrosion betrachtet werden, befinden sich zwecks Kontrolle in Abschaltung (Typ N4, Reaktoren vom Typ P'4, bei denen die Neubewertung der Kontrollen ein Risiko für eine Spannungskorrosion zeigen – die Reaktoren der 900 MW-Klasse und vom Typ P4 scheinen von diesem Phänomen kaum betroffen zu sein).

## Sicherheit und mechanische Festigkeit der Mängel aufweisenden Leitungsabschnitte

- Die mechanische Festigkeit der Mängel aufweisenden Leitungsabschnitte wurde nachgewiesen.
- Die durchgeführten Sicherheitsstudien zeigen, dass es möglich ist, die 1300 MW-Reaktoren mit zwei unterbrochenen RIS-Leitungen (2/4) wieder in einen sicheren Zustand zu bringen.

## Ausgleichsmaßnahmen

- Verbesserung der Leckage-Identifizierung

## KONTROLLMASSNAHMEN DER ASN

Es fanden zahlreiche technische Sitzungen und wöchentliche Checkpoints mit EDF statt.

**5** Anforderungsschreiben: Problembehandlungsstrategie von EDF, Nachweis der mechanischen Belastbarkeit

**32** Inspektionen seit Ende 2021

**Zerstörungsfreie Prüfungen:** erwartete Verbesserungen in punkto Strahlenschutz und Überwachung;  
**Heraustrennung Rohrleitungsabschnitte:** unterschiedliche Situationen je nach Standort;  
**Betriebsvorschriften:** gute lokale Umsetzung und Kenntnis der vorgesehenen Vorschriften;  
**Wiedereinbau der Rohrleitungen** und Herstellung der Ersatzteile.

Information der Öffentlichkeit: **spezielle Rubrik bei asn.fr:** <https://www.asn.fr/l-asn-controle/corrosion-sous-contrainte>

## KONTROLLMASSNAHMEN DER ASN

Die ASN hat am 26. Juli 2022 zu der von EDF vorgeschlagenen Kontrollstrategie zum Phänomen der Spannungskorrosion Stellung genommen und diese angesichts der Kenntnisse über das Phänomen und der damit verbundenen Sicherheitsfrage als angemessen bewertet (<https://www.asn.fr/l-asn-informe/actualites/corrosion-sous-contrainte-l-asn-considerere-que-la-strategie-de-controle-d-edf-est-appropriee>).

- EDF sieht vor, bis 2025 all seine Reaktoren zu überprüfen, wobei der Überprüfung der besonders anfälligen Bereiche der N4- und P'4-Reaktoren Priorität eingeräumt wird; diese Überprüfung erfolgt mittels eines verbesserten zerstörungsfreien Ultraschallprüfverfahrens.
- Die ASN ist der Meinung, dass diese Strategie der Notwendigkeit Rechnung trägt, die Kontrollen an den als besonders anfällig eingestuften Rohrleitungen fortzuführen, durch eine Anpassung des Prüfplans für bestimmte Reaktoren.
- Die ASN setzt mit Unterstützung des Strahlenschutzinstituts IRSN und ihrer permanenten Expertenausschüsse die Prüfung der von EDF übermittelten Informationen fort: Nachweis der mechanischen Belastbarkeit und Sicherheitsanalyse.

# KONTROLLE DER REAKTOREN VON CATTENOM BEZÜGLICH DES VORLIEGENS EINER SPANNUNGSKORROSION

- **Cattenom 1:** (in Teilrevision seit Juni 2022): Kontrolle einer ersten Schweißstelle, die im Rahmen der Neubewertung der früheren Kontrollen identifiziert wurde, anschließend Ausweitung der Kontrollen;
- **Cattenom 2:** Kontrollen sollen bei der nächsten Abschaltung des Reaktors im Frühjahr 2023 erfolgen; die Neubewertung der früheren Kontrollen lieferte keine Hinweise auf eine sensible Schweißstelle;
- **Cattenom 3:** spezifische Abschaltung (seit März 2022) Durchführung zerstörungsfreier Prüfungen und Heraustrennung von Rohrleitungsabschnitten für die weitere Untersuchung im Labor;
- **Cattenom 4:** (in Teilrevision seit Februar 2022): Durchführung zerstörungsfreier Prüfungen und Heraustrennung von Rohrleitungsabschnitten für die weitere Untersuchung im Labor.



## MASSNAHMEN DER ASN ZU CATTENOM

### Inspektion vom 6. Mai 2022

- Heraustrennen der RIS-Rohrleitungsabschnitte – Prüfung der Durchführungsbedingungen;
- Berücksichtigung der im Rahmen der Spannungskorrosion geforderten Ausgleichsmaßnahmen (frühzeitiger Leckage-Erkennung);  
=> Keine Abweichung

### Inspektion vom 25. August 2022

- Umsetzung der verbesserten zerstörungsfreien Prüfungen: Inspektion des gesamten Ablaufs der zerstörungsfreien Prüfung einer Schweißstelle und der Überwachung des Dienstleisters durch EDF;  
=> Genaue und sorgfältige Einhaltung des Prüfverfahrens

**Genehmigung der Heraustrennung von Rohrleitungsabschnitten (CAT 3-4) und des Wiedereinbaus** neuer Leitungsbögen (CAT 4). 

# SCHLUSSFOLGERUNGEN UND PROGRAMM ZUR ÜBERWACHUNG IM BETRIEB

## Schlussfolgerungen

- Die Untersuchungen werden fortgesetzt, um das Verständnis des Phänomens zu vertiefen.
- Zum gegenwärtigen Zeitpunkt werden die Geometrie der Leitungen, die thermomechanischen Belastungen und die Schweißarbeiten zur Reparatur als Hauptfaktoren betrachtet.
- Das Problem scheint nicht mit der Alterung des Reaktors in Zusammenhang zu stehen.
- Bisher besteht keine Notwendigkeit, andere Reaktoren abzuschalten (Nachweis der Belastbarkeit bestimmter Mängel aufweisender Leitungsabschnitte, Fähigkeit zur Wiederherstellung eines sicheren Zustands der Reaktoren).

## Nächste Schritte (Ende 2022 – Anfang 2023)

- Reparatur und Kontrolle der ausgetauschten Abschnitte;
- Nachweis der Belastbarkeit der Abschnitte mit kleineren Mängeln, die bis zur Reparatur an Ort und Stelle belassen werden;
- Bestätigung der für das Phänomen der Spannungskorrosion anfälligen Bereiche;
- Genaue Festlegung eines ersten Kontrolldurchgangs im gesamten Kraftwerkspark (Ende des Kontrollprogramms für 2024 vorgesehen);
- Anschließend Festlegung eines regelmäßigen Kontrollprogramms auf Grundlage der Kinetik der Ausbreitung der Spannungskorrosion, der Untersuchungen zur mechanischen Belastbarkeit und der Sensibilität des Prüfverfahrens.



Suivez l'ASN sur :  Twitter  Facebook  LinkedIn  YouTube