Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 99 (2007)
Heft: 3

Artikel: "Risikoanalyse" in Wasserkraftwerken
Autor: Iseli, Daniel / Herzog, Markus
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940143

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 07.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

«Risikoanalyse» in Wasserkraftwerken

Daniel Iseli, Markus Herzog

1. Einleitung

In einer Zeit, in der die Nachfrage nach Energie generell und elektrische Energie im Speziellen nach wie vor ungebrochen ist und auch mittel- und langfristig anhalten wird, steht die Energiewirtschaft vor der Situation, einerseits neue energieerzeugende Anlagen zu schaffen, welche allerdings immer schwerer zu realisieren sind und andererseits die bestehenden Anlagen möglichst lange und sicher weiterzubetreiben.

Die Wasserkraft ist in breiten Kreisen als eine sehr umweltfreundliche Art der Energieerzeugung akzeptiert und gilt als sichere einheimische Ressource.

Dieses Image gilt es besonders in Bezug auf die zum Teil älteren Kraftwerke zu erhalten. Die Anlagen werden heute in einem stark veränderten Umfeld betrieben (automatisiert, fernüberwacht, bei sich verändernden Umweltbedingungen).

Die Sensibilität bezüglich Personensicherheit und Anlagensicherheit in der heutigen Informationsgesellschaft ist sehr hoch. Dazu kommt eine erhöhte Eigenverantwortung aus den gesetzlichen Auflagen.

Daher sind Verfahren gefragt, die es ermöglichen, die bestehenden Risiken der Kraftwerke rechtzeitig zu erkennen, zu beurteilen und daraus notwendige Massnahmen umzusetzen.

2. Begriffe zur Risikoanalyse

Die Definition von Begriffen ist die Basis für ein gemeinsames Verständnis. Allerdings werden einzelne Wörter von Normen und grösseren Unternehmen gerne verschieden definiert und damit auch interpretiert. Wir versuchen, die wichtigsten Begriffe in Anlehnung der EN 61508-4 wie folgt zu verstehen:

2.1 Risiko (en: risk)

Kombination aus der Wahrscheinlichkeit, mit der ein Schaden auftritt, und dem Ausmass dieses Schadens. D.h., es ist das Produkt aus dem geschätzten Schadenausmass und der geschätzten oder ermittelten Eintrittswahrscheinlichkeit.

Schadensausmass und Eintrittswahrscheinlichkeit müssen von erfahrenen Experten quantifiziert werden, damit eine realistische Einschätzung überhaupt erfolgen kann.

Bild 1. Es sind Verfahren gefragt, die es ermöglichen, die bestehenden Risiken der Kraftwerke rechtzeitig zu erkennen.

2.2 Schaden (en: harm)

Phys. Verletzung oder Schädigung der Gesundheit von Menschen, entweder direkt oder indirekt als ein Ergebnis von Schäden von Gütern, der Umwelt oder des Images. Ein Schaden hat in letzter Konsequenz immer finanzielle Konsequenzen.

2.3 Schwachstelle

Ort, Gerät, Prozedur oder Organisation, welcher für den Betrieb ein Risiko bedeutet. Oft bestehen Schwierigkeiten, Schwachstelle und Risiken auseinander zu halten. Folgendes Beispiel zur Erklärung: ein rostiges Geländer ist eine Schwachstelle und aufgrund dieser Schwachstelle, besteht das Risiko, dass das Geländer nicht hält und eine Person, die sich abstützt, die Treppe hinunterfällt.

2.4 Sicherheit (en: safety)

Freiheit von unvertretbaren Risiken resp. die Minimierung des Risikos auf das nach der allg. Erfahrung mögliche und notwendige Mass. Damit wird auch ersichtlich, dass eine 100%ige Sicherheit nie erreicht werden kann.

2.5 Wagnisrisiken und reine Risiken

Es werden grundsätzlich zwei Arten von Risiken unterschieden:

- 1) Wagnisrisiken und
- 2) Reine Risiken

Wobei Wagnisrisiken sowohl das Element der Gewinnchance sowie der Verlustgefahr beinhalten. Diese Risiken muss der Betreiber in Kauf nehmen, um die Gewinnchance (finanzieller Erfolg) wahrnehmen zu können.

Reine Risiken sind Ereignisse wie

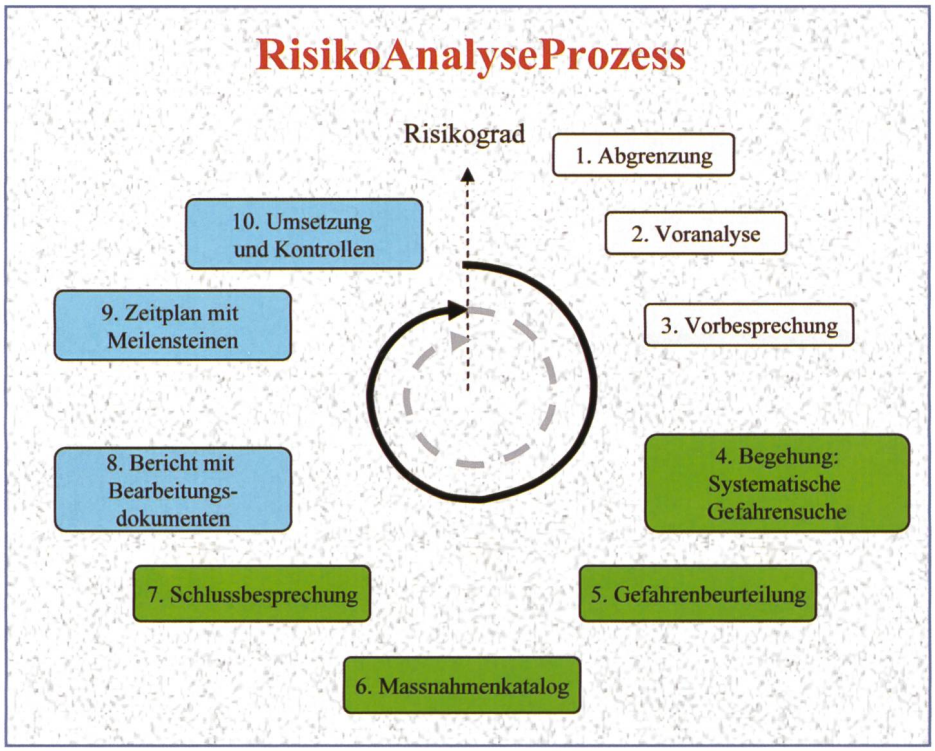

Bild 2. Risiko Analyse Prozesse bei Kraftwerken.

Brand, Explosion, Umwelt, Image, Personenschäden, Maschinenschäden, Haftpflichtschäden usw. Diese Risiken beinhalten immer Verlustgefahr, ein Gewinn ist nicht möglich. Um diese Verlustgefahr möglichst tief zu halten, ist es erforderlich, dass sich der Betreiber einen genauen globalen Kenntnisstand von seiner Anlage beschafft. Damit ist er in der Lage, die richtigen Massnahmen zu ergreifen, um die bestehenden Risiken zu reduzieren.

3. Das Verfahren für Risikoanalysen bei WKW

Dieses Verfahren basiert auf der Beurteilung der reinen Risiken (Wagnisrisiken werden ausgeschlossen) und liefert Ergebnisse in Form von einem allgemein verständlichen Ampelprinzip (rot/gelb/grün). Damit wird dem Betreiber ermöglicht, sofort die gravierenden Risiken/Schwachstellen zu erkennen und entsprechend schnell Massnahmen zu ergreifen resp. zu planen.

Bei komplexen resp. vernetzten Risiken werden Szenarien zur besseren Verständlichkeit entwickelt und daraus Abhilfemassnahmen abgeleitet. Die Ergebnisse fliessen wie oben beschrieben wieder in diese «Ampeldarstellung» ein.

Das entwickelte Verfahren läuft in 3 Phasen ab:

Schritt 1–3 Vorarbeiten
Schritt 4–7 Risikoanalyse
Schritt 8–10 Massnahmen umsetzen:

Wie im *Bild 2* «RisikoAnalyseProzess» grafisch dargestellt

1. Abgrenzung

Eine klare Definition der zu untersuchenden Objekte/Prozesse ist grundlegend. Damit wird eine «Verzettelung» der Analyse vermieden und wichtige Punkte unterstrichen.

2. Voranalyse Aufgrund von

- Übersichtsplänen der zu untersuchenden Anlage
- Grundrissen der Gebäude
- Historie der Anlagen und Gebäude
- Verzeichnis der Stoffe und Erzeugnisse
- Beschrieb der Produktionsverfahren
- Pflichtenheften/Sicherheitsaufgaben
- Sicherheitsanweisungen an das Personal
- Alarmplänen
- usw.

wird eine Voranalyse durchgeführt und kritische Punkte werden bereits festgehalten. Das WKW-spezifische «Wording» wird abgestimmt.

3. Vorbesprechung

Die bei der Voranalyse festgestellten Punkte werden besprochen. Beim nachfolgenden VC-Intro werden alle Beteiligten in die VC-Risikoanalyse eingeführt und die Begehung geplant.

4. Begehung

Die Begehung, Erhebung und Benennung der Risiken erfolgt gemeinsam mit den zuständigen Stellen und dem Betriebspersonal. Hier werden die Gebäude, Wasserwege, Einrichtungen, Prozesse usw. inspiziert und bei Bedarf die Funktionstüchtigkeit überprüft. Für die erfolgreiche Durchführung sind sowohl umfassende Kenntnisse der Anlagen, des Betriebes (Prozesse) wie der möglichen störenden Einflüsse (intern wie extern) auf Anlagen und Prozesse notwendig.

5. Gefahrenbeurteilung

Die Beurteilung der ermittelten Gefahren wird mit den Beteiligten durchgeführt. Damit werden selektive Blindheiten unterdrückt und überhöhte Beurteilungen abgeblockt.

6. Massnahmenkatalog

Möglichkeiten zur Gefahrenmilderung werden besprochen und im Bericht festgehalten.

7. Schlussbesprechung

Eine Zusammenfassung der ermittelten Risiken mit möglichen Massnahmen bildet den Abschluss der Punkte 1–6. Sofortmassnahmen können vom Betreiber bereits eingeleitet und realisiert werden.

8. Bericht

Im Bericht werden alle ermittelten Risiken (Gefahren) beschrieben, quantifiziert und nach Bedarf mit Massnahmen versehen. Tabellen für die weitere Bearbeitung werden zur Verfügung gestellt.

9. Zeitplan

Aufgrund unseres Berichtes und der aufgelisteten Risiken ist ein Zeitplan für die Massnahmen aufzustellen und Verantwortlichkeiten zuzuweisen. Damit wird ein «Versanden» dieser Aufgaben vermieden.

10. Umsetzung und Kontrollen

Die durchgeführten Arbeiten werden anhand des Zeitplanes kontrolliert. Wichtig: Aufschiebungen sind nur im Notfall zu akzeptieren.

4. Der Kern der Risiko-Analyse

Die gemeinsame Begehung der Kraftwerksanlage mit den beteiligten und verantwortlichen Personen des Betreibers bildet den Kern des RisikoAnalyseProzess. Je nach Grösse und Umfang dieser Kraftwerksanlage kann die Begehung und Vorortanalyse fünf Tage (und mehr) dauern.

Bei dieser Begehung werden die Schwachstellen und Risiken gesucht, erfasst und bewertet. Die Grundlage für die Bewertung der Risiken wurde erstellt und wird jeweils mit dem Kunden vorgängig besprochen und evtl. auf seine «besonderen» Verhältnisse angepasst. Damit wird wiederum ein gemeinsames Verständnis aufgebaut und führt bei der Bewertung zu einer effizienten Vorgehensweise.

Erste Ideen und Vorschläge für Abhilfemassnahmen werden bereits vor Ort mit den beteiligten Personen diskutiert. Ausserdem erfolgt auch eine erste Zuordnung der gefundenen Risiken (s. dazu 4.1) zu den Risikogruppen (s. dazu 4.2). Das

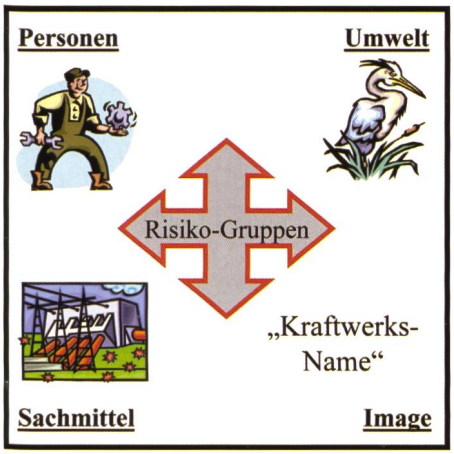

Bild 3. Risiko-Gruppen.

Bild 4. Massnahmen-Gruppen.

Zusammenspiel der «betriebsvertrauten» Personen (Kraftwerkspersonal) mit dem «betriebsfremden» Personal (externe Analysten) bildet dabei das erforderliche Spannungsfeld, um die wirklich relevanten Risiken zu detektieren. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass die Akzeptanz beim Betreiber bei der Realisierung der erforderlichen Abhilfemassnahmen erfahrungsgemäss gewährleistet ist.

4.1 Reine Risiken

Die reinen Risiken, welche gesucht und beurteilt werden, sind wie folgt:

- BR Brand/Explosion/Rauch
- BL Blitzschlag
- EL Elementarereignisse
- FL Öl/Wasser/Flüssigkeiten
- PE Einwirkung Personal (Fehlverhalten)
- E3 Einwirkung Dritter
- TE Technisches Versagen

In einem ersten Schritt erfolgt eine globale Analyse und Beurteilung der Risiken und, wo notwendig, das Erstellen von Vorschlägen für Abhilfemassnahmen (s. dazu 4.3). Diese Abhilfemassnahmen können in einem zweiten Schritt weitere, tiefere Analysen von Fachspezialisten für z.B. einzelne Maschinenkomponenten (Zustandsanalysen), aber auch geologische Formationen (Zustandsanalysen von Felsen, Verschiebungsüberwachung, Einwirkungen auf Staudämme usw.), nach sich ziehen.

4.2 Risiko-Gruppen *(s. Bild 2)*

Wird ein Risiko zur Realität (z.B. Brand), dann können sowohl Personen wie auch Sachgüter, aber auch immaterielle Güter Schaden erleiden. Diese «Geschädigten» werden in der sogenannten Risikogruppe wie folgt unterschieden:

- P Personenschäden
- U Umweltschäden
- S Sachschäden/Vermögensverluste/ Produktionsausfall
- I Immaterielle Schäden (Image)

Hierzu ein Beispiel für das Brandrisiko:
Annahme:
Brand-Warnung funktioniert nicht, akustisches Signal (Horn) wird nicht aktiviert. Folgende Risiko-Gruppen sind möglicherweise betroffen:

- P: Für die Anwesenden besteht Lebens-/Verletzungs-/Gesundheitsgefahr
- U: Die Umwelt erfährt eine Mehrbelastung durch den Brand (Rauch, giftige Gase usw.)
- S: Die Löschung erfolgt verzögert, Schäden bei den Investitionsgüter unnötig erhöht
- I: Image leidet, da optimale Abläufe/ Verhalten von der Öffentlichkeit erwartet werden.

Somit wird eine direkte Aussage betreffend diesem Risiko möglich, und die Konsequenzen resp. Vorschläge für Abhilfemassnahmen können strukturiert aufgezeigt werden.

4.3 Massnahmen

Die gewählten Massnahmen zur Verminderung des gefundenen Risikos müssen dem Schweregrad des Risikos entsprechen. Die Verhältnismässigkeit ist immer zu überprüfen, d.h., nicht in jedem Fall ist es wirklich erforderlich, um jeden Preis einen Schaden zu verhüten.

Die Massnahmen sind in drei Ebenen eingeteilt, und folgende Fragen stellen sich zu den einzelnen Massnahmenebenen:

- 1. Welche Massnahmen verhüten einen möglichen Schadenseintritt?
- 2. Sollte der Schaden dennoch eintreten, welche Massnahmen begrenzen den Schaden?
- 3. Und schliesslich, welche Massnahmen beschleunigen die Behebung?

5. Auswertung: Ihr Risikoprofil

Nachdem die Risiken erfasst, analysiert und bewertet wurden, gilt es, mittels einer geeigneten Darstellung das Ergebnis der Risikoanalyse in einer Übersicht zu visualisieren. Damit wird es möglich, einen globalen Eindruck über die vorgefundene Situation zu gewinnen, ohne auf die einzelnen Risikopunkte direkt eingehen zu müssen. Diese Darstellung nennen wir:

5.1 Risikolandschaft resp. Risikoprofil

Diese Darstellungen der Risiken setzen sich aus den Ergebnissen der Analyse für die vier Risikogruppen (P: Personenschäden, U: Umweltschäden, S: Sachschäden, I: Immaterielle Schäden) zusammen.
Nachfolgend ein Beispiel: Ergebnis einer Risikoanalyse für ein Wasserkraftwerk *(s. Bild 5+6)*.

Die Risikolandschaft zeigt eindrücklich, wo die wesentlichen Risiken bei diesem Kraftwerk liegen und wie die Häufigkeit der Risiken verteilt ist (Höhe der Berge). Im Risikoprofil wird für eine erste Beurteilung sofort ersichtlich, wo die Schwerpunkte bei der Behebung der Risiken liegen sollte.

Bemerkung: Die Höhe der Berge gibt dabei die Anzahl der Risiken in der entsprechenden Risikokategorie an und sagt aber nichts über die Gefährlichkeit aus.

Die Gefährlichkeit wird durch die

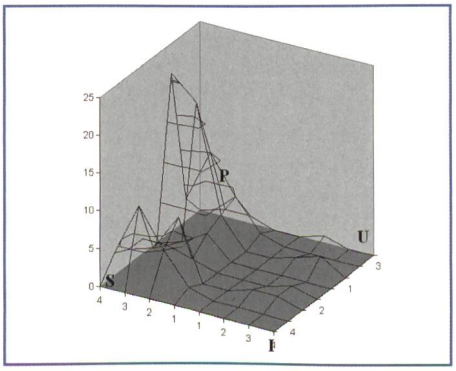

Bild 5. Risikolandschaft des analysierten Kraftwerkes.

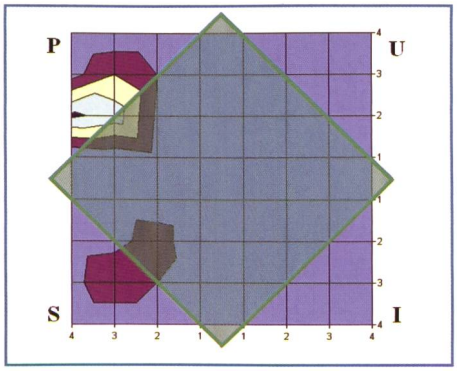

Bild 6. Risikoprofil des analysierten Kraftwerkes (Hillchart).

Lage des Risikos innerhalb des Diagramms definiert: innerhalb des grünen Quadrates ist ein Risiko tief, je mehr es in einer Ecke positioniert ist, desto höher ist es.

Was ist das Ziel, wie sollte die Risikolandschaft resp. das Risikoprofil optimal aussehen? Durch die Ausführung der Abhilfemassnahmen sollten die Risiken in Richtung Zentrum verschoben werden (also ins grüne Quadrat) und damit die Gefährlichkeit abnehmen.

In diesem Kraftwerk sieht das Ziel wie folgt aus: s. *Bild 7+8*.

Die Risiken liegen nun hauptsächlich im grünen Quadrat und sind somit akzeptierbar und tragbar für den Kraftwerksbetrieb. Nutzen für den Betreiber: Dieses Verfahren ermöglicht eine Beurteilung des Kraftwerkes innerhalb kürzester Zeit, ohne dass der Betrieb gestört wird. Durch den Einbezug einer externen Firma bei der Beurteilung wird der sogenannten Betriebsblindheit vorgebeugt und ein neutrales Vorgehen ist gewährleistet.

Die Risiken werden gemeinsam mit dem Kraftwerkspersonal erhoben, beurteilt und aufgelistet. Die Massnahmen werden zusammen erarbeitet resp. diskutiert. Der Betreiber erhält dadurch einen guten Überblick der Ist-Risikosituation seiner Anlage und kann die Umsetzung der Abhilfemassnahmen in die Planung integrieren. Die Risikoanalyse bietet damit eine ideale Unterstützung für die mittel- bis langfristige Budgetplanung.

Die Mitarbeiter werden nicht nur auf bestehende Probleme hingewiesen, sondern auch sensibilisiert für neue Risikosituationen.

6. Was folgt nach der Risikoanalyse?

Die abgeschlossene Risikoanalyse bildet einen Neubeginn auf dem Gebiet der Sicherheit. Nach der Umsetzung der Abhilfemassnahmen gilt es, das hohe Sicherheits-Niveau zu halten oder sogar noch einmal zu verbesern:

«Sicherheit ist eine Daueraufgabe und darf nicht dem Zufall überlassen werden. Eine Organisation ist notwendig.» Sicherheitsbeauftragte sind zu bestimmen, die Aufgaben und die Kompetenzen sind festzulegen, die stetige Ausbildung ist zu planen usw..

Um längerfristig diese hohe Niveau halten zu können, ist es empfehlenswert, periodisch eine Beurteilung der Risikosituation durch betriebsfremde Fachkräfte durchführen zu lassen.

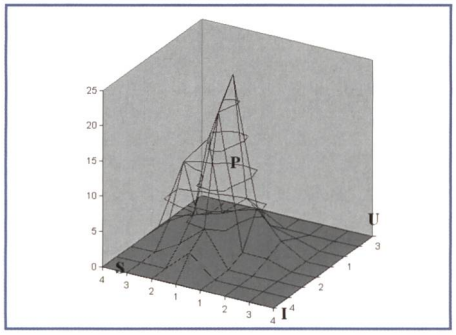

Bild 7. Optimale Risikolandschaft des analysierten Kraftwerkes.

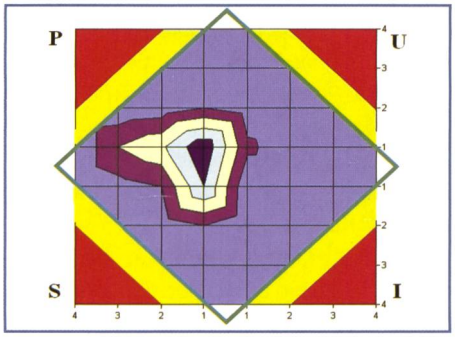

Bild 8. Optimales Risikoprofil des analysierten Kraftwerkes.

Anschrift der Verfasser
Daniel Iseli, Vibro-Consult AG
Stahlrain 6, CH-5200 Brugg
Tel. 056 442 15 72
daniel.iseli@vibro-consult.ch
www.vibro-consult.ch

Markus Herzog, BKW FMB Energie AG
Viktoriaplatz 2, CH-3000 Bern 25
Tel. 031 330 58 93
markus.herzog@bkw-fmb.ch

Die Firma Vibro-Consult AG hat in Zusammenarbeit mit der BKW (Bernische Kraftwerke AG) ein Verfahren entwickelt, das es ermöglicht, die Risiken in Wasserkraftwerken gemeinsam mit dem Betreiber zu erheben und zu beurteilen.
Für den Erfolg einer Risikoanalyse ist sehr mitentscheidend, dass die direkt betroffenen Stellen und Personen (Betrieb), bei der Benennung der Schwachstellen miteinbezogen werden. So besteht eine gute Chance, dass die Akzeptanz der gemeinsam erarbeiteten Vorschläge zur Reduktion der vorgefundenen Risiken hoch ist und die Umsetzung entsprechend speditiv vollzogen werden kann. Gelingt es, das Vertrauen der Betriebsverantwortlichen zu gewinnen, so hat der Beizug einer Drittfirma grosse Vorteile. Die Betriebsblindheit wird wesentlich vermindert, es wird Verfahrenskompetenz eingebracht, die Anliegen des Betriebspersonals werden ernst genommen, und die Drittfirma leistet einen grossen Teil des Aufwandes, welchen die eigenen Mitarbeiter neben dem Tagesgeschäft kaum aufwenden könnten.
Der RisikoAnalyseProzess® zeigt die grundsätzlichen Gefährdungen des Kraftwerkbetriebes auf und gibt somit Ansatzpunkte für verschiedene Optimierungen. Neben den einzelnen risikovermindernden Massnahmen kann damit über mehrere Kraftwerke ein gemeinsamer Sicherheitsstandard erreicht werden.
Für die Sicherheit sind oft auch Details wie fehlende Panikschlösser, nicht hörbare Alarmierung, fehlende Brandschottung massgebend, welche akribisch aufgelistet anschliessend verbessert werden können. Grössere Risiken, ob neu erkannt oder schon länger unterdrückt, werden aufgegriffen, bewertet und müssen bewusst angegangen werden. Dabei ist es natürlich immer noch dem Betreiber überlassen, welche Massnahmen er trifft und welches Restrisiko getragen werden kann.