

# Und sie wissen nicht was sie tun: Atomare Fehlstellen und unerwartete Dramen in der Produktion

Hier soll nur ein Eindruck vermittelt werden, wie dramatisch sich selbst kleine Änderungen in der Konzentration, Art oder Verteilung von **AF** (in der Regel extrinsische **AF**) in einer Fabrik auswirken können. Die Liste ist bei weitem nicht vollständig.

## Advanced

### Der Anlauf der *großtechnische Produktion von Stahl*.

- Henry **Bessemer**, der auf der Suche nach besseren Kanonen war (er hatte gerade den Drall für Munition in Granatenform erfunden; nur leider hielten die gußeisernen Kanonen dem zusätzlichen Druck nicht stand), hatte auf dieser Suche - und damit nach großen Mengen *billigen* Stahls **1855** als erster (so glaubte man) die Idee, durch das geschmolzene kohlenstoffreiche Roheisen Luft, oder noch besser, Sauerstoff in großen Mengen durchzublasen (was, nebenbei bemerkt, ohne Dampfmaschinen nicht möglich wäre). Damit bildet sich **CO**, das abbrennt und nebenbei die Temperatur hochhält. Wenn man rechtzeitig aufhört, kann man den Kohlenstoffgehalt von großen Mengen Eisen jetzt in einem schnellen Prozeß auf den richtigen Wert einstellen und erstmals große Volumenmengen an Stahl produzieren.
- Der Trick war also, nicht wie bisher *kohlenstoffarmem* Schmiedeeisen mühsam etwas Kohlenstoff einzudiffundieren, sondern aus *kohlenstoffreichem* Gußeisen den Kohlenstoff bis auf einen nützlichen und genau definierten Rest zu entfernen.
- Herr Bessemer, der auch schon als Erfinder des "Blei"stiftes (der in Wahrheit Graphit enthält) kein Unbekannter war, wurde über Nacht berühmt, und innerhalb eines Monats schwer reich - alle wollten sein Rezept übernehmen. Aber so leicht sind atomare Fehlstellen dann doch nicht zu überlisten.
- Der Bessemer Stahl aus der Großproduktion war, im Gegensatz zu den Ergebnissen der "Laborversuche", spröde und zu nichts zu gebrauchen. Für Bessemer war es "wie ein Blitzschlag aus heiterem Himmel"; der Absturz vom Erfinderolymp in die Verzweiflung war jäh und hart.
- Aber Bessemer war ein guter Materialwissenschaftler; er biß die Zähne zusammen, arbeitete Tag und Nacht - und gewann! Was war passiert? Bessemer hatte für seine Versuche schwedisches Eisenerz verwendet; seine Landsleute verwendeten einheimisches - und englisches Eisenerz enthielt Phosphor. Phosphor wird im Bessemerprozeß nicht beseitigt; wiederum reichen kleine Menge dieser atomaren Fehlstelle, um **Fe** oder Stahl spröde zu machen. Wie wir heute wissen, setzen sich die **P** - Atom gerne in die Korngrenzen des Stahls und verändern dort die lokalen Eigenschaften ins Negative. Der Phosphor mußte raus - aber wie.
- Es waren die Vettern Sydney Gilchrist **Thomas** und Percy Carlyle **Gilchrist**, die den Weg wiesen: Man nehme (auch) *Kalkstein* zur Ausmauerung der "**Bessemerbirne**" und gebe ein bißchen auch direkt in die Schmelze, und der Phosphor bleibt in der Schlacke oder der Ummantelung.
- Ein anderes Problem mit dem Bessemerprozeß war, daß gelegentlich Sauerstoff zurückblieb und im Stahl Gasblasen formte, die das Produkt wiederum unbrauchbar machten. Ein Herr **Mushet**, ein anderer Engländer, hatte dafür die rettende Idee: Man füge der Schmelze etwas **Spiegeleisen** zu - ein Konglomerat das **Fe**, **Mn** und **C** enthielt - und man bekommt besten Stahl, denn das **Mn** reagiert mit dem Überschußsauerstoff zu Manganoxiden, die in der Schlacke verbleiben.
- Uns so weiter. Mehr dazu im Modul "[Stahl](#)".

### Produktionseinbruch bei der *Herstellung integrierter Schaltungen*.

- Ende der **70er** Jahre, als integrierte Schaltungen explosionsartig den Markt eroberten (damals war das Leitprodukt der **16 kbit** Speicher), brach plötzlich weltweit die Produktion ein - die Ausbeuten an guten integrierten Schaltungen gingen fast überall in den Keller.
- Der Grund dafür (wie man nachträglich herausfand) war, daß der damalige Hauptlieferant von Silizium-Scheiben (die deutsche Fa. Wacker-Chemitronic), den Prozeß zur Herstellung der Silizium Kristalle etwas *geändert* hatte und die Kristalle jetzt ein wenig mehr Kohlenstoff als substitutionelles Fremdatom enthielten. Die Konzentration, die vorher bei ca. **1 ppm** lag, hatte sich auf ca. **2 ppm** erhöht - nicht eben viel.
- Das war aber ausreichend, um während der Herstellung der integrierten Schaltungen eine ganze Kette an Defektreaktionen zu starten, die aus atomaren Fehlstellen größere Kristalldefekte machten mit sehr schädlichen Auswirkungen auf die elektronischen Eigenschaften der Transistoren.
- (Aus der Halbleitertechnologie könnte man noch weitere Beispiele anführen, man lese das sehr empfehlenswerte Buch "[Kristallene Krisen](#)" von **Joachim Queisser**. oder konsultiere den [Link](#).

### Produktionseinbruch bei der *Herstellung von Elektrolytkondensatoren*.

- Bei der Produktion von Elektrolytkondensatoren werden **Al**-Folien aus Reinstaluminium durch ein elektrochemisches Bad gezogen, dabei wird eine Unzahl kleinster Poren in die Folie geätzt um so die Oberfläche zu vergrößern.
- Diese Prozeß, der seit langem problemlos lief, funktionierte so um **1995** schlagartig nicht mehr. Wie sich herausstellte, hatte die Herstellerfirma der **Al**-Folien ihr Produkt *verbessert*, d.h. das **Al** etwas reiner gemacht (= den Gehalt an extrinsischen **AF** erniedrigt).
- Das war der (unverstandene) Grund. Erst jetzt erkannte man, daß der Porenätzprozeß eine bestimmte extrinsische Fehlstelle in einer Konzentration von mindestens **0,5 ppm** braucht, sonst funktioniert er nicht. Warum dies so ist weiß immer noch niemand - hier setzt die moderne Forschung ein.