

---

# Problematik der Elektromigration in der Prozessortechnik

---

Sebastian Müller

Fakultät für Mathematik,  
Informatik und Naturwissenschaften  
Universität Hamburg

---

# Problematik der Elektromigration in der Prozessortechnik

- Was ist Elektromigration?
- Warum wird Elektromigration erst jetzt zum Problem?
- Wie kann man Elektromigration entgegenwirken?
- Zukunft der Prozessorentwicklung
- Fazit

---

# Was ist Elektromigration?

- Elektron, elektrisches Teilchen ( $e^-$ )
- Migration, die Wanderschaft
- Stofftransport in metallischen Strukturen durch starken Stromfluss
- Dauerhafter, aktiver Vorgang

# Was ist Elektromigration?

- Elektronen reißen Metallatome im Strom mit
- Metallatome lagern sich an anderen Stellen wieder ab
- Lücken & Verdichtungen entstehen in Leiterbahn
- Resultat sind unter Anderem Kurzschlüsse

---

# Was ist Elektromigration?

- Bildung von Voids (Lücken) & Hillocks (Hügelchen) in einer 8 $\mu$ m breiten Al-Leitbahn

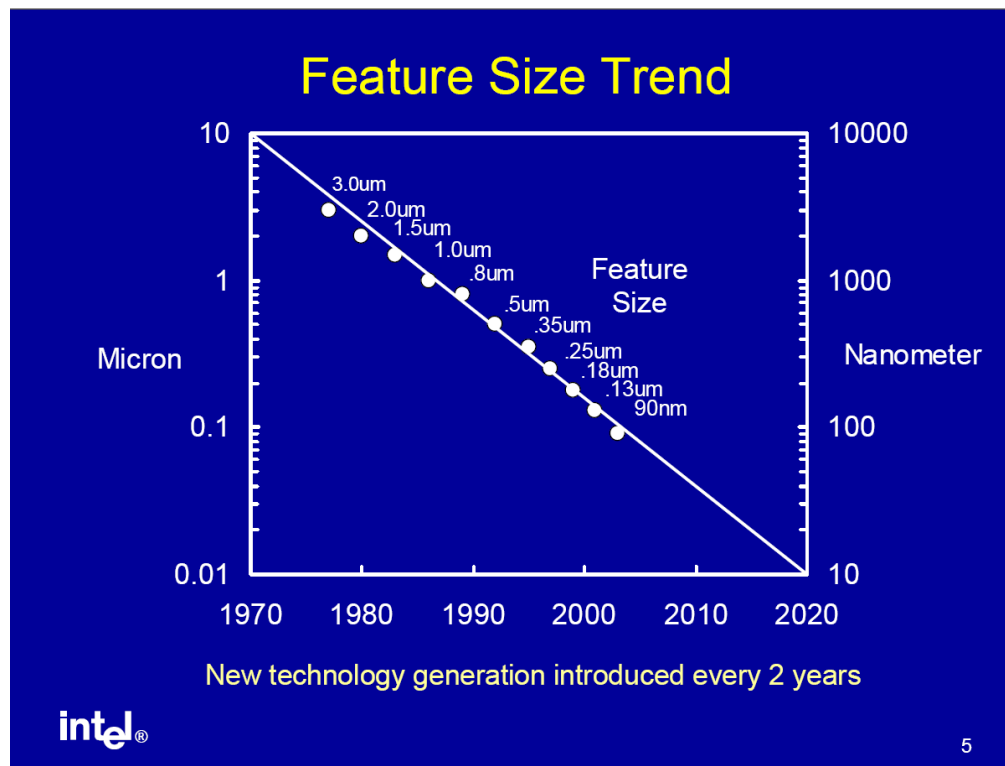
---

# Problematik der Elektromigration in der Prozessortechnik

- Was ist Elektromigration?
- Warum wird Elektromigration erst jetzt zum Problem?
- Wie kann man Elektromigration entgegenwirken?
- Zukunft der Prozessorentwicklung
- Fazit

# Warum wird Elektromigration erst jetzt zum Problem?

- Dünner werdende Leiterbahnen

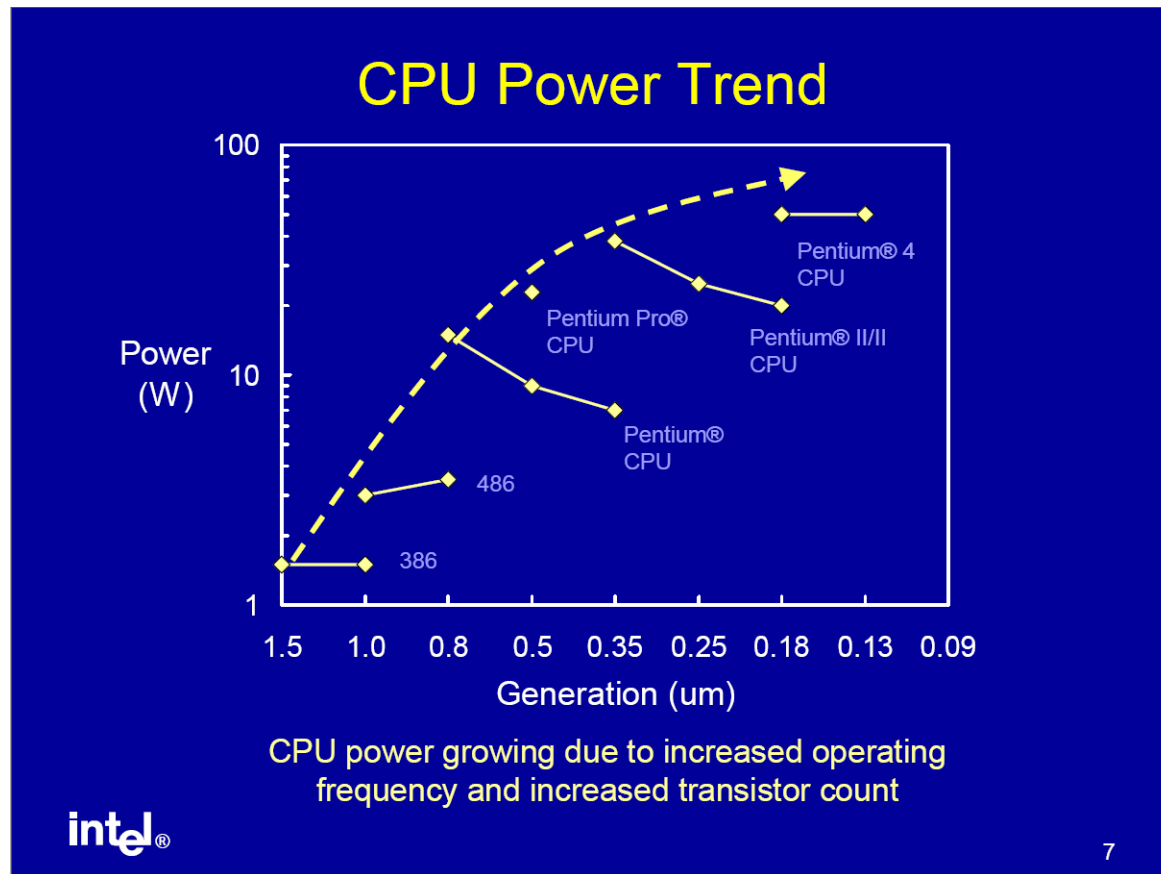


---

# Warum wird Elektromigration erst jetzt zum Problem?

- Höhere Spannungen an Leiterbahnen
- Größere Anzahlen an Transistoren auf oftmals kleinerem Raum
- Stärkere Temperaturentwicklung
- Erreichen der Leistungsgrenzen der Materialien

# Warum wird Elektromigration erst jetzt zum Problem?



---

# Problematik der Elektromigration in der Prozessortechnik

- Was ist Elektromigration?
- Warum wird Elektromigration erst jetzt zum Problem?
- Wie kann man Elektromigration entgegenwirken?
- Zukunft der Prozessorentwicklung
- Fazit

---

# Wie kann man Elektromigration entgegenwirken?

- Einsatz neuer, widerstandsfähigerer Materialien
- Verringerung der VCore Spannung für künftige Prozessorgenerationen
- Neue Fertigungsmethoden zur saubereren Verarbeitung der Materialien

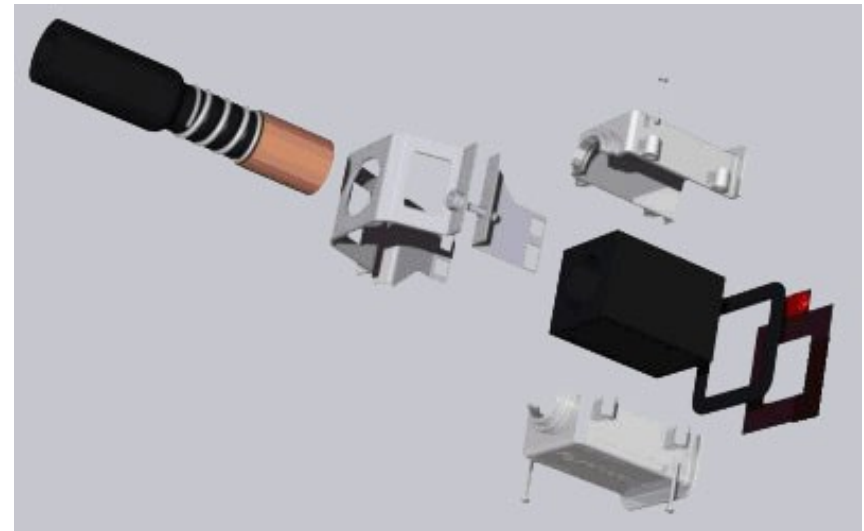
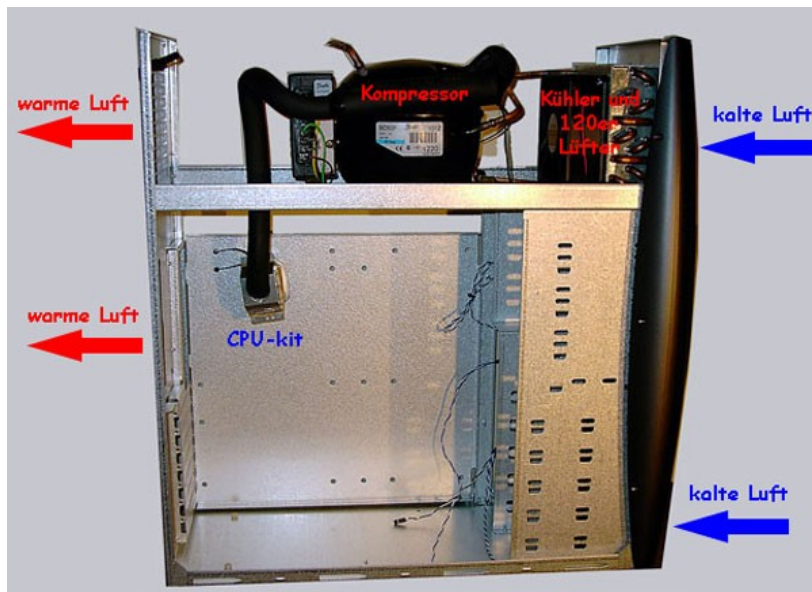
---

# Wie kann man Elektromigration entgegenwirken?

- Verringerung der Prozessortemperatur
- Effektivere Prozessor- & Gehäusekühlung
- Einsatz von Techniken wie z.B. VapoChill™ auch für Desktopsysteme

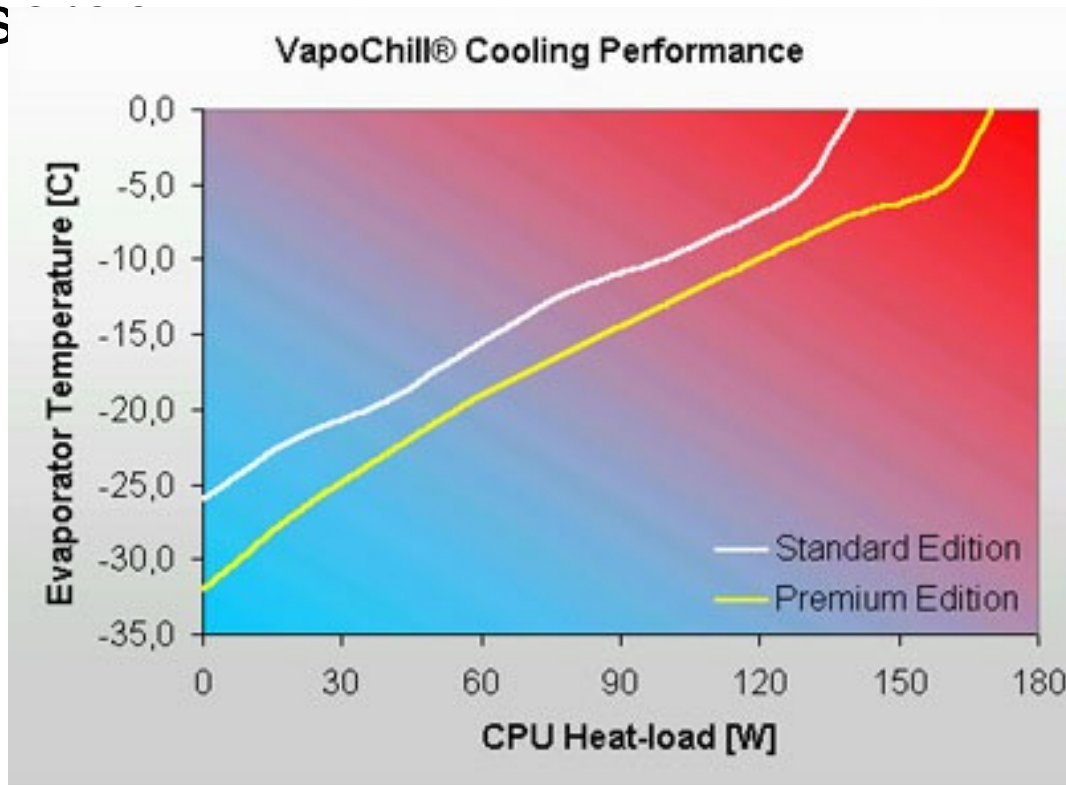
# Wie kann man Elektromigration entgegenwirken?

- Prozessorkühlung VapoChill™



# Wie kann man Elektromigration entgegenwirken?

- Leistung von VapoChill™ bei aktuellen Prozess



---

# Problematik der Elektromigration in der Prozessortechnik

- Was ist Elektromigration?
- Warum wird Elektromigration erst jetzt zum Problem?
- Wie kann man Elektromigration entgegenwirken?
- Zukunft der Prozessorentwicklung
- Fazit

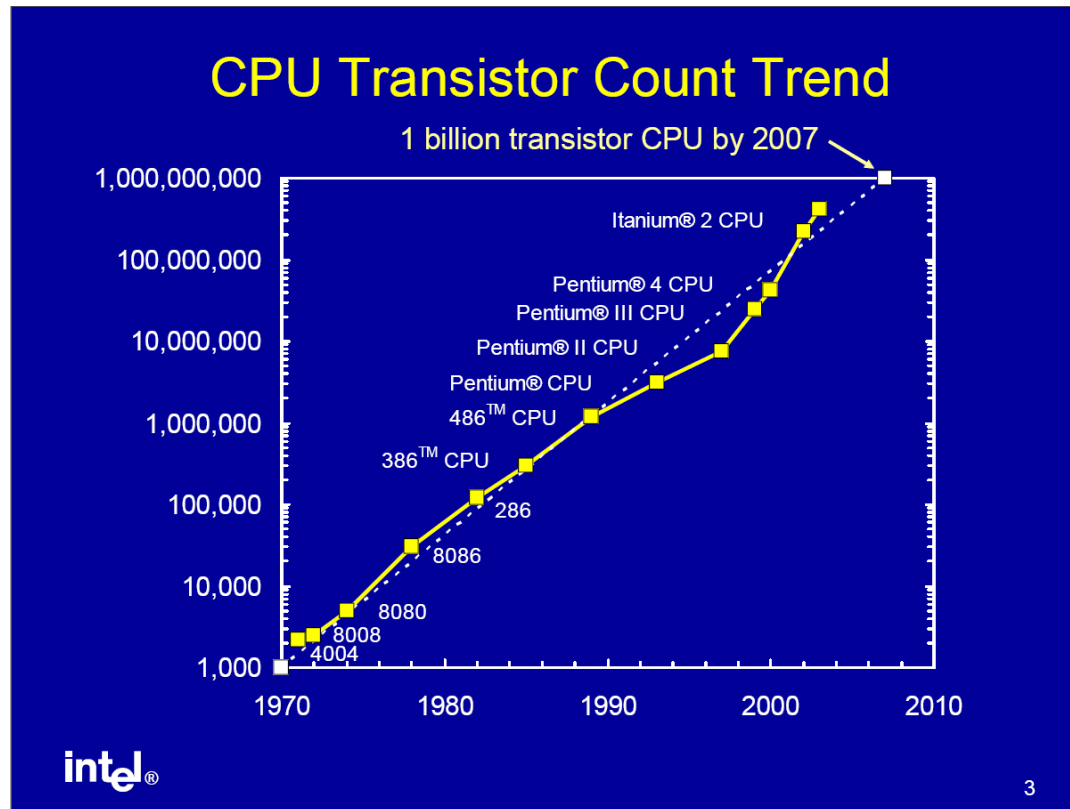
---

# Zukunft der Prozessorentwicklung

- Künftige Prozessoren werden auf sehr starke Kühlung angewiesen sein
- Lebensdauer neuer Prozessoren wird kürzer ausfallen
- Stillstand der Entwicklung ohne neue Materialien bzw. auch Techniken bis ca. 2010

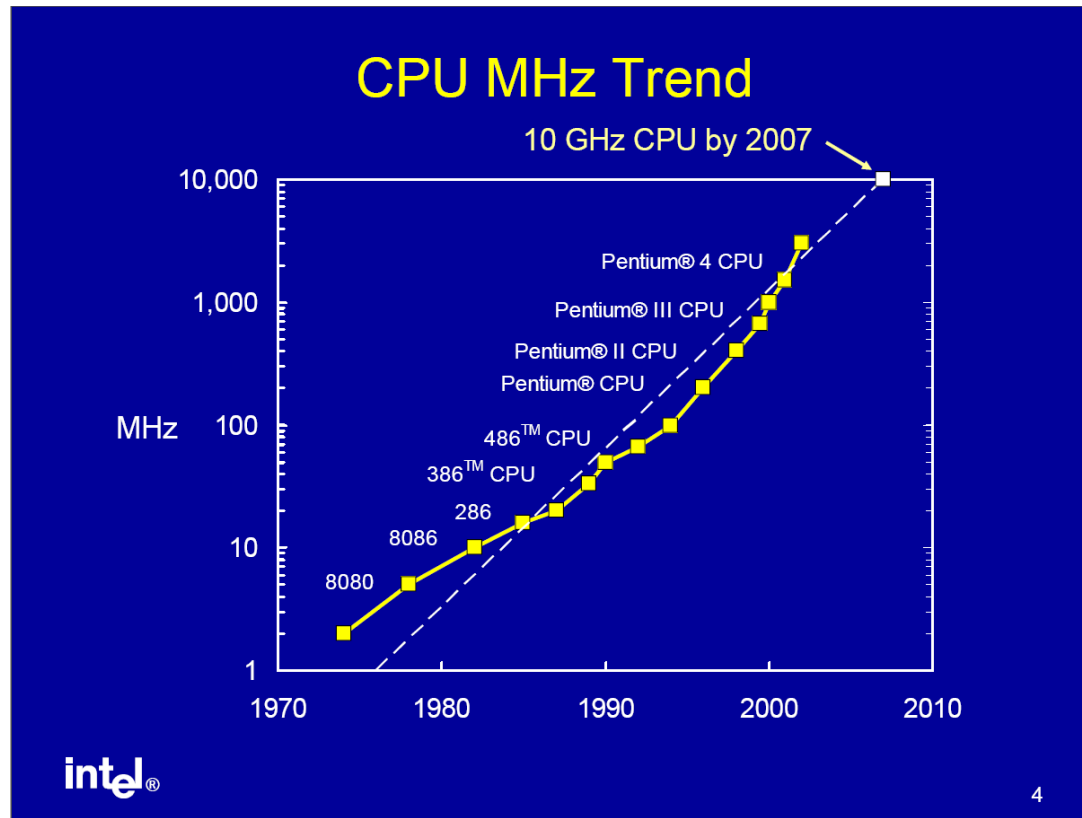
# Zukunft der Prozessorentwicklung

- Stark zunehmende Transistorenzahlen



# Zukunft der Prozessorentwicklung

- Rapide steigende Prozessortaktfrequenzen



---

# Problematik der Elektromigration in der Prozessortechnik

- Was ist Elektromigration?
- Warum wird Elektromigration erst jetzt zum Problem?
- Wie kann man Elektromigration entgegenwirken?
- Zukunft der Prozessorentwicklung
- Fazit

---

# Fazit

- Elektromigration wird zu einem der Hauptforschungsobjekten in der Computerindustrie werden
- Neue Kühlsysteme werden auf dem Markt erscheinen
- Eventuelle Entwicklung neuer Formatstandards für Computergehäuse mit besseren Strömungseigenschaften

---

# Fragen & Diskussionsansätze

- Der Vortrag ist hier zu ende, Ihre Neugierde hoffentlich nicht
- Haben Sie eventuell Fragen? Stellen Sie diese jetzt!

# Quellen

- <http://www.tweakpc.de/berichte/emig/emig.htm>
- <http://www.ifw-dresden.de/ifs/31/gfa/em-life.htm>
- [http://www.irps.org/03-41st/Intel\\_IRPS03\\_Boh](http://www.irps.org/03-41st/Intel_IRPS03_Boh)
- <http://www.csl.mete.metu.edu.tr/Electromigration/emig.htm>

---

# Danksagung an die Audienz

- Vielen Dank fürs Zuhören
- Dieser Vortrag kann unter <http://im.asbastos.de/Uni/MK1.ace> heruntergeladen werden
- Das zugehörige Paper gibt es ab Dienstag Abend unter <http://im.asbastos.de/Uni/MK1paper.ace>