

**Zeitschrift:** Horizonte : Schweizer Forschungsmagazin  
**Herausgeber:** Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung  
**Band:** 28 (2016)  
**Heft:** 109

**Artikel:** Auch kleinste Transistoren werden heiss  
**Autor:** Titz, Sven  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-772142>

#### 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:** 29.01.2026

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

## Auch kleinste Transistoren werden heiß

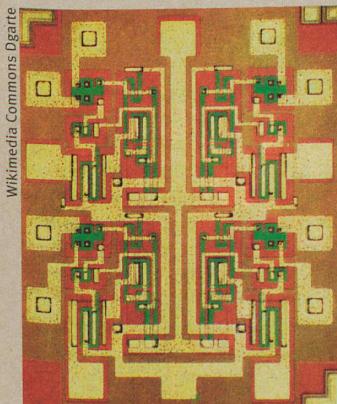
**S**o rätselhaft Laien der Aufbau eines Computers erscheint – viele kennen das «Moore'sche Gesetz». Demnach wird alle zwei Jahre die Zahl der Transistoren verdoppelt, die in einen integrierten Schaltkreis passen. Ein Ende ist aber wegen physikalischer Grenzen abzusehen: Schon wird an der wohl kleinstmöglichen Generation von Transistoren mit einer Gate-Länge von fünf Nanometern geforscht.

Bisher nahmen Forscher an, so kleine Transistoren hätten einen Vorteil: Die Elektronen könnten fließen, ohne Wechselwirkungen mit dem Atomgitter der Transistoren einzugehen. Das würde Strom sparen.

Doch der erhoffte Vorteil ist wohl ein Phantom. Das zeigten Reto Rhyner und Mathieu Luisier von der ETH Zürich jetzt mithilfe atomistischer Computersimulationen von Transistoren aus 3-Nanometer-Drähten. Demnach gibt es die Wechselwirkungen mit dem Atomgitter doch: «Die Wechselwirkungen schränken die Mobilität der Elektronen und Löcher ein – dadurch kommt es zu einer Selbsterhitzung der Transistoren und zu Energieverlust», sagt Luisier. In Nanodrähten aus Silizium fließt 30 bis 50 Prozent weniger Strom als erwartet.

Rhyner und Luisier untersuchten auch, wie dieser Energieverlust minimiert werden könnte. Germanium taugt offenbar eher als Silizium; auch die Gitteranordnung hat einen Einfluss. Wichtig sei zudem die Oberfläche der Nanodrähte, schreiben die Elektroingenieure. Denn die thermische Leitfähigkeit des Gitters hängt stark von der Rauigkeit ab. Mit diesen Tipps können andere Forscher nun weiterarbeiten – und in vielleicht fünf bis zehn Jahren hocheffiziente Nanodraht-Transistoren mit ultrakurzen Kanallängen produzieren. *Sven Titz*

R. Rhyner und M. Luisier: Minimizing Self-Heating and Heat Dissipation in Ultrascaled Nanowire Transistors. *Nano Letters* (2016)



Egal wie klein, der Transistor – im Bild ist ein vierfaches Nand-Gatter – wird dennoch heiß.

colourbox.com



Zirren wirken wie mit feinen Pinselstrichen gemalt. Ihr Einfluss aufs Klima ist aber beachtlich.

## Eiskristallwolken erwärmen die Erde

**Z**irren – Eiskristallwolken in acht bis zehn Kilometer Höhe – sind einer der grossen Unsicherheitsfaktoren in den Modellen, mit denen Klimaforscher die globale Erwärmung prognostizieren wollen. Erika Kienast von Meteo Schweiz analysierte während ihrer Promotion an der ETH Zürich 13 000 Stunden Lidar-Messdaten – eine Radar-ähnliche Methode, die Laserstrahlen verwendet. Sie entwickelte einen Algorithmus, um Zirruswolken aufzuspüren und deren Eigenschaften und ihren Einfluss auf das Erdklima zu evaluieren. «Zirren halten durch ihren positiven Strahlungsantrieb die Erde warm, ähnlich einer Decke», erklärt die Atmosphärenphysikerin. Eiskristallwolken lassen zwar die Sonnenstrahlen durch, reflektieren jedoch die Abstrahlung der Erde, was wärrend auf das Klima wirkt. Tieferliegende Wolken hingegen reflektieren das Sonnenlicht, was die Erde darunter kühlst.

Die ETH-Studie fand zudem heraus, dass auch bisher nie berücksichtigte, unsichtbare Zirruswolken einen erwärmenden Effekt auf das Klima haben. Dieser ist mit etwa fünf Prozent vom Einfluss der sichtbaren Zirren gering. «Obwohl seit über 100 Jahren Wolkenforschung betrieben wird, weiß man wenig über Wolken», sagt Ulrike Lohmann, Atmosphärenphysik-Professorin an der ETH. In der Tat existiert keine weltweite Messdatenhistoie. «Die bestehenden Daten sind immer nur Schnappschüsse, die man zu einem ganzheitlichen Bild zusammenzufügen versucht», bestätigt Kienast. Aber auch wenn Daten vorhanden wären: «Trotz steigender Rechnerleistung sind die Klimamodelle zu komplex, als dass Computer die Wolken detailgetreu berechnen könnten.» *Sergio Caré*

E. Kienast-Sjögren et al.: Radiative properties of mid-latitude cirrus clouds derived by automatic evaluation of lidar measurements. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* (2016)

## In der Höhe ist der Wald resistenter

**W**ie wird sich die Klimaerwärmung auf die Wälder in der Schweiz auswirken? Nicolas Bircher von der ETH Zürich hat seine Doktorarbeit dieser Frage gewidmet, die Behörden und Forstindustrie gleichermaßen beschäftigt.

Der Forscher simulierte die Entwicklung von 71 für unser Land typischen Waldbeständen in den kommenden hundert Jahren. Dabei hat er verschiedene Szenarien zum Klima und zur Bewirtschaftung – mit und ohne menschliche Intervention – berücksichtigt. Insgesamt hat er elf mögliche klimatische Entwicklungen getestet, die im Allgemeinen von ansteigenden Temperaturen und weniger Niederschlägen im Sommer ausgingen. Das Ergebnis: Es ist mit Veränderungen der Struktur und Zusammensetzung der Schweizer Wälder ab der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts zu rechnen.

«Diese Modelle lassen gewisse Trends erkennen, sie liefern aber keine präzisen Voraussagen», betont Bircher. Untersucht haben die Forschenden die Bestandesgrundfläche – eine Grösse zur Einschätzung der Produktivität eines Waldes. «Wir haben einen Rückgang an niedrigen Standorten im Mittelland und Jura festgestellt. Dagegen erhielten wir eine Grundflächenzunahme in der Höhe, insbesondere in den Voralpen, ebenso wie eine Erhöhung des Anteils der Laubbäume.» Eine weitere Schlussfolgerung ist, dass mit geeigneten forstwirtschaftlichen Massnahmen die negativen Auswirkungen der Klimaveränderung reduziert werden können. Die Entwicklung des Waldes hängt eng mit lokalen Parametern wie beispielsweise den Bodeneigenschaften zusammen, sagt Bircher: «Die gewählten Strategien müssen diesen lokalen Besonderheiten Rechnung tragen.» *Sophie Gaitzsch*

N. Bircher: To die or not to die: Forest dynamics in Switzerland under climate change. Ph.D. Thesis, ETH Zurich (2015)



Die Zusammensetzung des Waldes – hier mit vielen Buchen – wird sich mit dem Klima ändern.