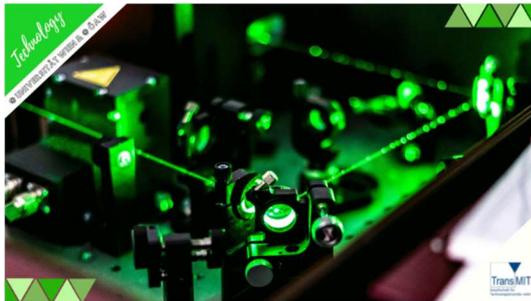


## Quantenabbildung mit nicht detektierten Photonen

Verschränkung, Frequenzaufspaltung, Bildgebung,  
medizinische Bildgebung/Krebsdiagnose, Spektroskopie, Photometrie

### BESCHREIBUNG DER TECHNOLOGIE

Das Verfahren der Quantenabbildung mit nicht-detektierten Photonen ("Quantum Imaging with Undetected Photons" - QUIP) gestattet es, Bilder von einem Objekt aufzunehmen, ohne daß dafür das vom Objekt gestreute Licht detektiert werden muß. Erreicht wird dies, indem ein primärer Photonenstrahl zunächst in zwei miteinander verschränkte Teilstrahlen unterschiedlicher Wellenlänge aufgespalten wird.



© Niklas Günther/TransMIT GmbH über Canva.com

Die beiden Teilstrahlen werden nun ihrerseits jeweils in zwei miteinander verschränkte Teilstrahlen unterschiedlicher Wellenlänge aufgespalten, wobei je einer der beiden Teilstrahlen wieder eine der

beiden Wellenlängen der ersten Strahlteilung aufweist. Die Teilstrahlen erster und zweiter Generation mit jeweils gleicher Wellenlänge werden wieder zusammengeführt und überlagert, so daß deren Photonen ununterscheidbar werden. Infolge der Verschränkung der so erhaltenen „Kombinationsstrahlen“ unterschiedlicher Wellenlänge miteinander, ist das Verhalten der Photonen des einen Strahls durch Messung der Photonen des anderen Strahls bestimmbar, wobei die beiden miteinander verschränkten Kombinationsstrahlen jedoch unterschiedliche Wellenlängen aufweisen. Mit einem der beiden Kombinationsstrahlen wird das zu untersuchende Objekt beleuchtet, der andere Kombinationsstrahl wird „analysiert“. Dadurch kann ein Objekt mit einer Wellenlänge beleuchtet werden, und die Detektion des „Resultats“ der Beleuchtung wird bei einer anderen Wellenlänge vorgenommen.

Das Verfahren beruht somit auf Photonenpaaremission in zwei kohärenten SPDC Prozessen und räumlicher Korrelationen in den Photonenpaaren. Das Bild entsteht als Interferenzmuster in einem der beiden Photonenstrahlen, während sich das Objekt im anderen Photonenstrahl befindet. Der „Objektstrahl“ muß nicht detektiert werden, da sein Verhalten infolge der Verschränkung aus dem „Detektionsstrahl“ bei anderer Wellenlänge entnehmbar ist.

### AUF EINEN BLICK ...

#### Anwendungsfelder

- Bildgebungsverfahren
- Spektroskopie
- Photometrie

#### Branche

- Optik
- Meßtechnik (strahlungsbasierte Untersuchungsmethoden)
- Medizinische Bildgebung

#### Alleinstellungsmerkmale

- Messung und Detektion erfolgen bei verschiedenen Wellenlängen.
- Zugang zur Nutzung von Wellenlängen (Frequenzbereichen), für die es keine geeigneten Detektoren gibt.
- Bildgebung ohne intensive kohärente Laserbestrahlung
- Anwendbar in weiten Bereichen des elektromagnetischen Spektrums (Abbildungswellenlängen von UV über VIS und MIR bis THz!)

#### Entwicklungsstand

- Funktionsnachweis ist im Laborstadium erbracht; ein experimenteller Prototyp wurde gebaut und getestet.

#### Patentstatus

EP-Patent EP 2 887 137 B1,  
erteilt am 10.10.2018;

US-Patent US 9,557,262 B2,  
erteilt am 31.01.2017

## ANWENDUNGSFELDER

Die Möglichkeit, ein Objekt bei einer Wellenlänge zu bestrahlen, das Resultat der Bestrahlung aber bei einer anderen Wellenlänge zu detektieren, eröffnet zahlreiche bisher unbekannte Möglichkeiten in den Bereichen Bildgebung, Spektroskopie, Photometrie sowie weiterer strahlungsbasierter Untersuchungsverfahren.

Beispielsweise sind mit dem Verfahren Untersuchungen im mittleren Infrarot-Bereich (MIR) durchführbar, etwa in der medizinischen Bildgebung (Krebsdiagnostik). Bildgebung im MIR ist zudem auch bei der Untersuchung von historischen Exponaten, etwa von Gemälden höchst relevant.

## VORTEILE GEGENÜBER DEM STAND DER TECHNIK

Das Verfahren ermöglicht die meßtechnische Erschließung von Frequenzbereichen, für die es keine geeigneten Detektoren gibt. Da es unabhängig von der Ausgangsfrequenz durchführbar ist, steht grundsätzlich nahezu der gesamte Wellenlängenbereich elektromagnetischer Strahlung für den Einsatz des Verfahrens zur Verfügung.

Hinsichtlich Bildgebungsverfahren weist das Verfahren beispielsweise gegenüber dem OPA-Verfahren (**O**ptical **P**arametric **A**mplification) den Vorteil auf, daß für die Bestrahlung des Objektes kein kohärenter Strahl der betreffenden „Belichtungs-Wellenlänge“ benötigt wird. Das hier vorgestellte Verfahren erfordert auch keine stimulierten nichtlinearen Prozesse bei der Strahlformung, so daß es mit niedrigeren Strahlintensitäten arbeiten kann, was von großer Bedeutung für empfindliche Proben ist.

## STAND DER PRODUKTENTWICKLUNG

Das Verfahren wurde im Laborstadium erfolgreich im infraroten Wellenlängenbereich durchgeführt. Beispielsweise wurde eine Probe mit IR-Strahlung der Wellenlänge 1550 nm bestrahlt, während die Detektion bei 810 nm erfolgte; die Ausgangswellenlänge des Pumplaserstrahls war dabei 532 nm.

## MARKTPOTENTIAL

Da das hier vorgestellte Quantenabbildungsverfahren grundsätzlich über den gesamten Spektralbereich elektromagnetischer Strahlung einsetzbar ist, und auch nicht auf reine Bildgebung beschränkt ist, kann ihm ein großes Marktpotential für medizinische, industrielle und wissenschaftliche Anwendungen zugeschrieben werden.

## KOOPERATIONSMÖGLICHKEITEN

Im Auftrag der Universität Wien sucht die TransMIT GmbH Kooperationspartner oder Lizenznehmer für den Vertrieb / die Weiterentwicklung in Deutschland, Europa, den USA und in Asien.

## WEITERFÜHRENDE LITERATUR:

A. Zeilinger et al., Nature Research Letters, Bd. 512, S. 409 ff.  
(DOI:10.1038/NATURE13586)

## EINE TECHNOLOGIE VON



universität  
wien

ÖAW

ÖSTERREICHISCHE  
AKADEMIE DER  
WISSENSCHAFTEN

## Kontakt

TransMIT Gesellschaft  
für Technologietransfer mbH  
Kerkrader Straße 3  
35394 Gießen  
GERMANY  
[www.transmit.de](http://www.transmit.de)

## Ansprechpartner

Dr. Peter Stumpf  
Tel: +49 (0) 641 9 43 64 0  
Fax: +49 (0) 641 9 43 64 55  
E-Mail: [stumpf@transmit.de](mailto:stumpf@transmit.de)



Gesellschaft für  
Technologietransfer mbH