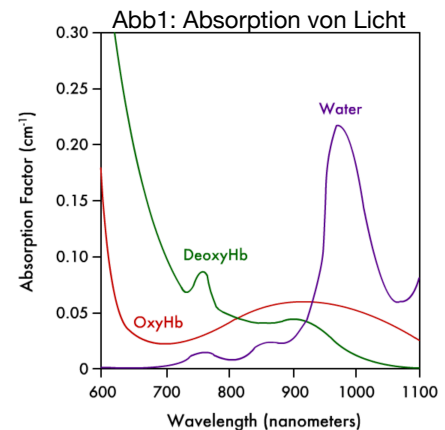


# Optische Tomographie

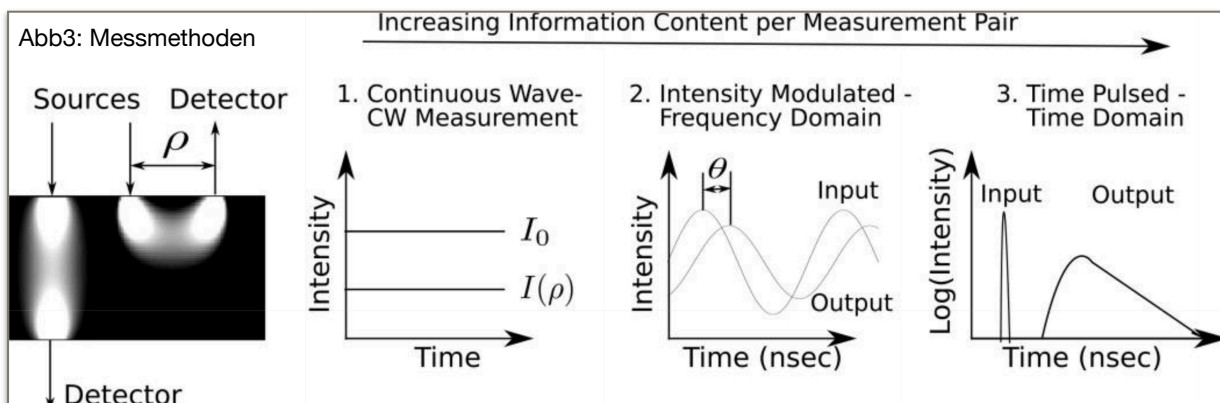
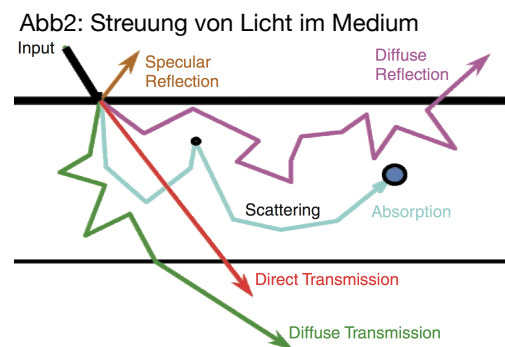
## 1. Problemstellung:

- Gewebe beleuchten mit infrarotem Licht, Eindringtiefe von einigen Zentimetern
- Absorption von Licht durch Blut und Gewebe
- Blut (Hämoglobin) transportiert Sauerstoff, zeigt Zellwachstum (Tumore) und neuronale Aktivität (neurovascular coupling)
- Aufgabe: Absorption lokalisieren
- Problem: Diffuse Streuung



## 2. Photonen Transport Physik

- Modellieren der Gewebeparameter durch mittlere Streulänge und Absorptionslänge
- Allgemeine Beschreibung der Lichtausbreitung durch Boltzmann'sche Transportgleichung
- Betrachte Licht als Partikel ohne gegenseitige Wechselwirkung
- Analytische Lösungen für einfache Szenarien, numerische Lösung rechenintensiv
- Näherung zur Diffusionsgleichung unter Annahme von Isotropie der Strahldichte und Quellfunktion, Linearisierung durch Abbrechen einer Reihenentwicklung
- An Grenzflächen keine Isotropie, daher spezielle Randbehandlung notwendig
- Bei komplexem Gewebe sind Terme höherer Ordnung nicht vernachlässigbar
- Photonen Diffusions Gleichung im Zeit- und Frequenzbereich lösbar
- Lösungsansatz durch Greensche Funktionen mit Randbedingungen



### 3. Messaufbau und Methoden

- Belichtung des Gewebes durch Reflexion oder Transmission möglich
- Quellen und Detektoren können sowohl im Raster als auch ringförmig angeordnet sein
- Continuous Wave: Messe Intensitätsunterschied eines kontinuierlichen Lichtsignals
- Frequency Domain: Licht wird hochfrequent moduliert eingespeist, im Bezug auf Referenzsignal sind sowohl Intensitätsamplitude als auch Phasenverschiebung messbar. Aus Dämpfung und mittlerer Transitzeit kann Absorption und Streuung berechnet werden.
- Time Domain: Ein kurzer Lichtpuls (einige Picosekunden) wird ins Medium gegeben und als verbreitertes Signal (TPSF, Punktabbildungsfunktion) im Subnanosekundenbereich zeitlich nach der Intensität aufgelöst. Aufgrund der Abhängigkeit von Streuung und Absorption wiederum beide Parameter errechenbar.

### 4. Daten und Auswertung

- Forward Problem: Mit gegebenem Modell (Formel) und Parameter kann eine Vorhersage über die Messung getroffen werden
- Inverse Problem: Aus Messdaten und Modell die Parameter bestimmen
- Übereinstimmung wird z.B. durch minimieren der Fehlerquadrante erreicht
- Monte Carlo Simulation: „Goldstandard“ der numerischen Simulation, dazu wird der Weg von einzelnen Photonen in einer definierten Gewebesituation modelliert
- Nicht-Lineare Modelle: Hierzu kann beispielsweise ein Störungsansatz gewählt und linearisiert als Matrixgleichung formuliert werden. Aus der invertierten Weight-Matrix folgen die Parameter. Diese können verglichen werden und die Rechnung mit variierte Störung wiederholt werden falls das Abbruchkriterium noch nicht erreicht ist.

### 5. Anwendung

- DOT (Diffuse Optical Tomography) ist nicht-invasiv, portabel, kostengünstig, nutzt keine ionisierende Strahlung und liefert metabolische Information. Daher ist die Methode in vielen bisher unzugänglichen Bereichen einsetzbar.
- Krebsforschung: Brustkrebs Diagnose, Untersuchung von Tumoren aller Art
- Bedside Monitoring: Überwachung von Operationen, Neugeborenen, Schlaganfall-Patienten und Hilfsmittel bei Anästhesie (Narkose)
- Neurowissenschaften: Untersuchung von Autismus, Schlaf, Parkinson, Sprachbildung und Gehirnentwicklung. In diesem Zusammenhang wird die Methode häufig auch als fNIRS = funktionelle Nah-InfraRot-Spektroskopie bezeichnet

#### Literatur:

Imaging the Body with Diffuse Optical Tomography, David A. Boas, Dana H. Brooks et al.  
Experimental and theoretical investigations of near infrared tomographic imaging methods and clinical applications. Doktorarbeit von Elisabeth M. C. Hillman  
Creating three-dimensional images with diffuse light, Excerpt  
Mapping distributed brain function and networks with diffuse optical tomography, Eggebrecht  
Time domain functional NIRS imaging for human brain mapping, Alessandro Torricelli et al.  
Diffuse Optics for Tissue Monitoring and Tomography, T. Durduran et al.