



# LUND UNIVERSITY

## Lasermätningar av gaskoncentrationer trots okänd geometri

Lundin, Patrik

2014

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Lundin, P. (2014). Lasermätningar av gaskoncentrationer trots okänd geometri. Fysikaktuellt.

*Total number of authors:*

1

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00

Genom att skicka en laserstråle in i en förpackning och studera ljuset som kommer tillbaka kan man se om gasens sammansättning är som den ska eller ej.

# Lasermätningar av gaskoncentrationer trots okänd geometri

Att mäta gasblandningar som befinner sig inuti porösa material, eller i slutna kaviteter är idag mycket svårt, åtminstone om det ska göras utan att påverka provet genom exempelvis håltagning. I den här avhandlingen presenteras ett nytt sätt att använda laserspektroskopi för att kunna göra just detta.

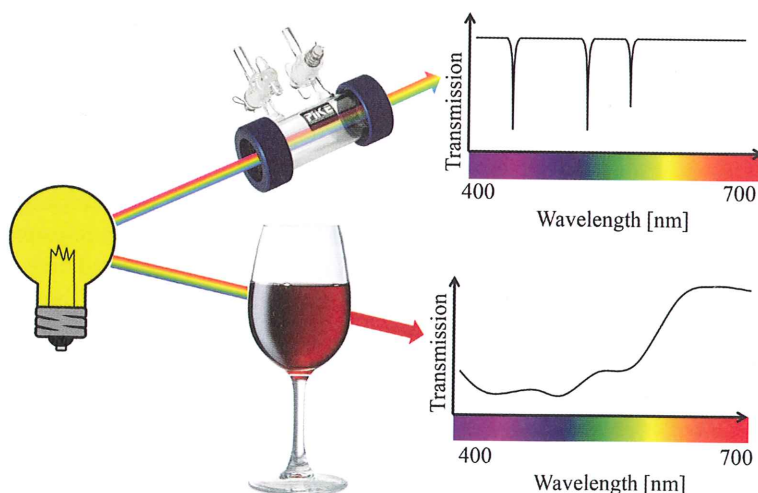
## Patrik Lundin

- Doktorsavhandling i fysik, Avdelningen för atomfysik, teknisk fakultet vid Lunds universitet
- Titel: Laser sensing for Quality Control and Classification -Applications for the Food Industry, Ecology and Medicine ISBN: 978-91-7473-943-5 (print)
- Länk till avhandlingen: <http://www.lunduniversity.lu.se/.o.i.s?id=12683&postid=4393286>
- Datum: 8 maj 2014
- Opponent: Ove Axner, Umeå universitet
- Handledare: Stefan Andersson-Engels, Sune Svanberg

Laserbaserad absorptionsspektroskopi är en mycket kraftfull och utbredd teknik som används för att exempelvis mäta gaskoncentrationer i atmosfären, eller i utsläppet från en skorsten. Genom att skicka en stråle av ljus, till exempel över en skorstensmyrning, och sedan mäta hur mycket av det insända ljuset som absorberas av en viss gas, och genom att man vet hur lång sträcka ljuset gick över skorstensmyrningen, kan man beräkna koncentrationen av just denna gas. I vissa tillämpningar, framförallt där ljuset blir diffust, som i ett moln, eller då det sänds genom en träbit, kan man inte veta hur lång sträcka ljuset har gått och då kan man heller inte beräkna gaskoncentratio-

nen. Ny forskning försöker nu lösa problemet med den okända vägsträckan för att kunna mäta gaskoncentrationer även i ljusspridande material.

Det är mycket väl känt att gaser och fasta eller flytande material absorberar ljus på olika sätt. Fasta och flytande material absorberar generellt ljus i breda strukturer. Ett glas rött vin absorberar till exempel allt synligt ljus utom just de röda våglängderna, vilket ger vinet dess färg. Gaser absorberar istället endast vid mycket smala områden i spektrumet. Ofta är dessa områden så begränsade att vi upplever gaser som helt färglösa och osynliga. Bakgrunden till denna skillnad ligger i att den kvantmekaniska naturen



1. Fasta och flytande material absorberar ofta stora delar av det synliga ljuset, vilket ger dem deras färg. Gaser tenderar istället att absorbera extremt smala delar av spektrumet, vid gasens så kallade absorptionslinjer. Eftersom den totala absorptionen då är så liten, och eftersom den spektrala upplösningen på vårt färgseende är väldigt begränsad, blir gaser oftast osynliga och färglösa.



av diskreta möjliga energinivåer, som en molekyl i gasform har, blir kraftigt påverkad av närheten och samverkan med grannarna då molekyler packas samman, så som i ett fast material. En gas absorberar ljus vid en mycket smal fördelning av våglängder som motsvarar en energi som precis stämmer överens med en möjlig energinivåövergång för molekylen. Man säger att gasen har en absorptionslinje vid denna våglängd.

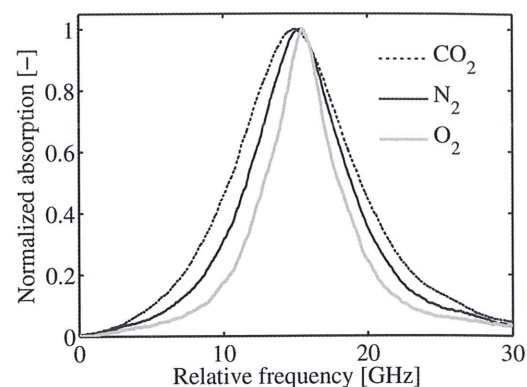
För att bestämma koncentrationen av en viss gas mäts vanligen hur stor del av ljusintensiteten som absorberas på en eller en uppsättning absorptionslinjer som är unik för just denna gas. Den så kallade Beer-Lambert's lag beskriver hur intensiteten avtar exponentiellt genom ett absorberande prov:

$$I = I_0 \exp(-(\sigma \cdot L \cdot c)),$$

där  $\sigma$  är gasens absorptionstvärnsnitt vid en viss våglängd. Om intensiteten,  $I$ , mäts och sträckan som ljuset gått genom gas,  $L$ , är känd, kan därför koncentrationen,  $c$ , av gasen beräknas. Idag är det vanligt att lasrar används som ljuskällor då de har många egenskaper som är perfekta för denna typ av spektroskopi. Det är vanligt att kompakta diodlasrar används på

grund av deras lilla storlek, relativt låga pris, och många andra fördelar. En annan fördel diodlasrarna har är att det ofta är väldigt enkelt att snabbt svepa den precisa våglängden på det utsända ljuset. Genom att då svepa våglängden tvärs över en absorptionslinje för gasen av intresse, kan man enkelt mäta hur mycket ljus gasen absorberar. Laserbaserad absorptionsspektroskopi har utvecklats för otroligt många områden av gaskoncentrationsmätningar, bland annat inom industrin och miljömättekniken.

En generell begränsning för absorptionsspektroskopins användning är dock att fri sikt krävs mellan ljuskälla och detektor. Ljuset utbreder sig som bekant i "raka strålar" då det är fri sikt och då kan strålens längd genom gas användas som  $L$  ovan. Det finns dock ett stort behov av att även kunna mäta koncentrationer av olika gaser som är inneslutna i, eller gömda bakom, diffusa (ljusspridande) material. Exempelvis består ju så olika "föremål" som trä, mjöl, moln, etc., av gaser (ofta luft) och ett fast eller flytande material runt om. Om ljus skickas genom dessa porösa material sprids det ofta i alla riktningar och blir diffust. Att mäta hur



3. Den normerade formen för en absorptionslinje för vattenångan, då tre olika gaser dominerar omgivningen. Då vattenångan befinner sig i syrgas är dess absorptionslinje betydligt smalare än då den befinner sig i kvävgas eller koldioxid. Genom att mäta den exakta formen på vattenångans absorptionslinje kan man alltså få information om sammansättningen av den omgivande gasen!

långt ljuset har gått genom materialet blir nu mycket svårt, och att mäta hur långt det gått genom endast gasblandningen blir ofta omöjligt. Att mäta koncentrationen av en viss komponent i den inneslutna gasblandningen blir därför nu också mycket svårt eller omöjligt, om man använder standardmetoden med Beer-Lambert's lag. Flera olika metoder för att minska eller lösa detta problem presenteras i avhandlingen.

Den kanske mest annorlunda angreppsmetoden som presenteras bygger på att inte mäta hur mycket ljus som absorberas på absorptionslinjen, istället fokuserar man på att mäta den exakta fördelningen av ljusabsorption över den smala absorptionslinjen – man mäter linjeformen. Det är väl känt att denna fördelning eller form beror på många faktorer, framförallt tryck och temperatur. Vad som inte är en lika utbredd kännedom är att formen även beror på sammansättningen av gasen som omger molekylen. Då man mäter formen på en absorptionslinje för en viss molekyl kan man därför få information om den exakta gasblandningen som omger molekylen! Som ett exempel visas det i arbetet bakom avhandlingen att man, genom att

Forts. sid 13



2. En laserstråle kommer från vänster och passerar först genom ett glas med vatten med en droppe mjölk i, varefter strålen träffar en bit frigidit till höger i bilden. Genom vattnet passerar ljuset näst intill rätlinjigt medan det blir fullständigt diffust i frigiditbiten. Sträckan ljuset går genom glaset är lätt att mäta med en linjal, men att ta reda på hur långt ljuset gått genom frigiditen är mycket svårare.



Forts. från sid 11

endast mäta formen av absorptionen för en övergång hos vattenånga också kan få information om koncentrationerna för syrgas och koldioxid i den omgivande gasblandningen.

Det fina med denna metod, förutom att man kan mäta koncentrationerna av flera olika gaser samtidigt och med en enda laser, är att mätningen är till principen oberoende av väglängden. Man behöver därför inte veta sträckan ljuset gått genom föremålet, vilket gör att även gaser som är inneslutna i spridande material kan kvantifieras.

Denna nya metod är fortfarande i sin linda, och utgör endast en liten del av avhandlingen, men den kan förhoppningsvis användas inom många områden i framtiden. Den bakomliggande tekniken som kallas GASMAS, "gas in scattering media absorption spectroscopy", används inom flera tillämpade områden i avhandlingen. Ett exempel är bestämning av sammansättningen av den gasblandning som finns i toppen på många matförpackningar. För just detta ändamål har utvecklingen av tekniken nått kanske allra längst, och ett spinn-off företag, GASPOROX AB, har startats för att arbeta vidare främst mot förpackningsindustrin.

Ett annat exempel är att tekniken just nu utvecklas för att, om möjligt, kunna



4. Rött ljus skickas med hjälp av en optisk fiber in i en dryckesförpackning av vit plast. Ljuset blir snabbt diffust vilket gör att sträckan ljuset går inuti förpackningen blir mycket svår att veta. Då krävs speciella knep för att kunna använda sig av absorptionsspektroskopi för kvantitativa gasanalyser.

mäta syrgashalten och -fördelningen i lungorna på för tidigt födda barn. Då lungorna är ett av de organ som utvecklas mot slutet av graviditeten är det relativt vanligt med lungproblem hos barn som är födda mycket för tidigt. En enkel och helt ofarlig teknik som upprepat eller kontinuerligt kan ge information om lungstatusen under behandlingstiden skulle kunna bidra till bättre behandling för de små barnen.

För tillfället utnyttjas inte den "linje-

formsmetod" som presenteras i avhandlingen inom dessa exempel på applikationer, utan just denna variant är fortfarande något mer åt grundforskningshållet. Förhoppningen är dock att varianten så småningom kommer kunna bidra till utvecklingen.

PATRIK LUNDIN,  
INSTITUTIONEN FÖR ATOMFYSIK  
LUNDS UNIVERSITET

### ***Fantastiskt – och det går att dricka mjölken efter att ni har mätt på den?***

– Jadå! Det går att dricka mjölken efteråt. Det är just det som är den stora fördelen – att vi kan mäta på varje förpackning utan att påverka produkten.

### ***Är det också mest spännande att mäta på förpackningar?***

– Nej, alla mätningarna är ungefär lika spännande. Som fysiker blir det givetvis som mest spännande när något oväntat inträffar. Jag tror att det finns mycket kvar att upptäcka och utveckla med GASMAS, det är inte alls säkert att vi har hittat den bästa tillämpningen än.

### ***Vad är roligast?***

– Allt är kul, men väldigt spännande är det när man funderar på och testar nya "proof-of-principle" mätningar och upptäcker något nytt som fungerar.

### ***Nu byter du till viss del fot och jobbar deltid på ett företag, finns det utrymme att göra den typen av experiment även där?***

– På många sätt är arbetet ganska likt på företaget och universitetet, i alla fall på ett företag som GASPOROX där det handlar mycket om forskning och utveckling, men givetvis är det så att man har en lite kortare horisont på företaget, på universitetet kan man ibland sikta

på saker som inte kommer att realiseras inom kanske 20 år. Det gör att det är ett privilegium att kunna jobba på båda ställena och det känns svårt att släppa något av dem.

### ***Vad gör du när du inte jobbar med fysik?***

– Just nu handlar fritiden mest om att renovera en gammal gård som vi har köpt i Harlösa. Det är ett riktigt renoveringsobjekt som kräver oändligt mycket jobb, men det är inget vi stressar med, vi ser det mer som ett nöje. Sen är det ju så att en tvååring tar en hel del tid också.

JOHAN MAURITSSON,  
LUNDS UNIVERSITET