

EINFÜHRUNG

Bei der Frage, welche Produkte man aus herkömmlichen Weintrauben gewinnen kann, denkt man meistens nicht sofort an leuchtende Aggregate. Die Inspiration für den folgenden Versuch gab ein kurzes Video aus dem Internet, in welchem eine aufgeschnittene Traube in der Mikrowelle kurzzeitig ein leuchtendes Gas ausgestoßen hat. Im Video wird behauptet, dass es sich hierbei um Plasma handeln sollte.

Unsere Motivation bestand nun darin, das Gas zu untersuchen, um eine spezifischere Vorstellung davon zu gewinnen, welches Medium aus der Weintraube ausgetreten ist.

Ziel war es, charakteristische Wellenlängen, welche vorhandene Stoffe des Gases emittieren, zu erkennen. Davon ausgehend sollten Rückschlüsse auf Teile der Zusammensetzung des Gases gezogen werden.

Ob das Gas nun, wie im Video behauptet, tatsächlich ein Plasma ist, sollte am Ende diskutiert werden.

GRUNDLAGEN

Plasma bezeichnet Systeme geladener Teilchen mit kollektiver Wechselwirkung aufgrund der elektromagnetischen Kräfte. Plasmen können durch starke Ionisation (z.B. hochfrequente Wechselspannungen) von Gasen entstehen. Die **Grenze zwischen ionisiertem Gas und Plasma** bilden die

- **Ladungsträgerdichte** (Anzahl der Ladungsträger einer Spezies pro Volumen),
- **Plasmafrequenz** (beschreibt Oszillation der Ladungsträger aufgrund der elektromagnetischen Kräfte) und
- **Debye-Länge** (maximaler Abstand zwischen einem positiven und seinem nächsten negativen Ladungsträger).

Ausschlaggebend ist hierbei der **Plasmaparameter Λ** :

$$\Lambda = \frac{3}{4} \cdot \pi \cdot n \cdot \lambda_D^3$$

mit λ_D = Debye Länge, n = Ladungsträgerzahl

$\Lambda < 1$: kein Plasma

$\Lambda > 1$: Plasma

Wenn Plasma oder Gas leuchtet:

- **kontinuierliches Lichtspektrum** aus Rekombinationsvorgängen ungleichnamiger Ladungsträger und Stößen.
- **charakteristische Linien** aus der Emission angeregter Stoffe innerhalb des Gases mit höheren Intensitäten

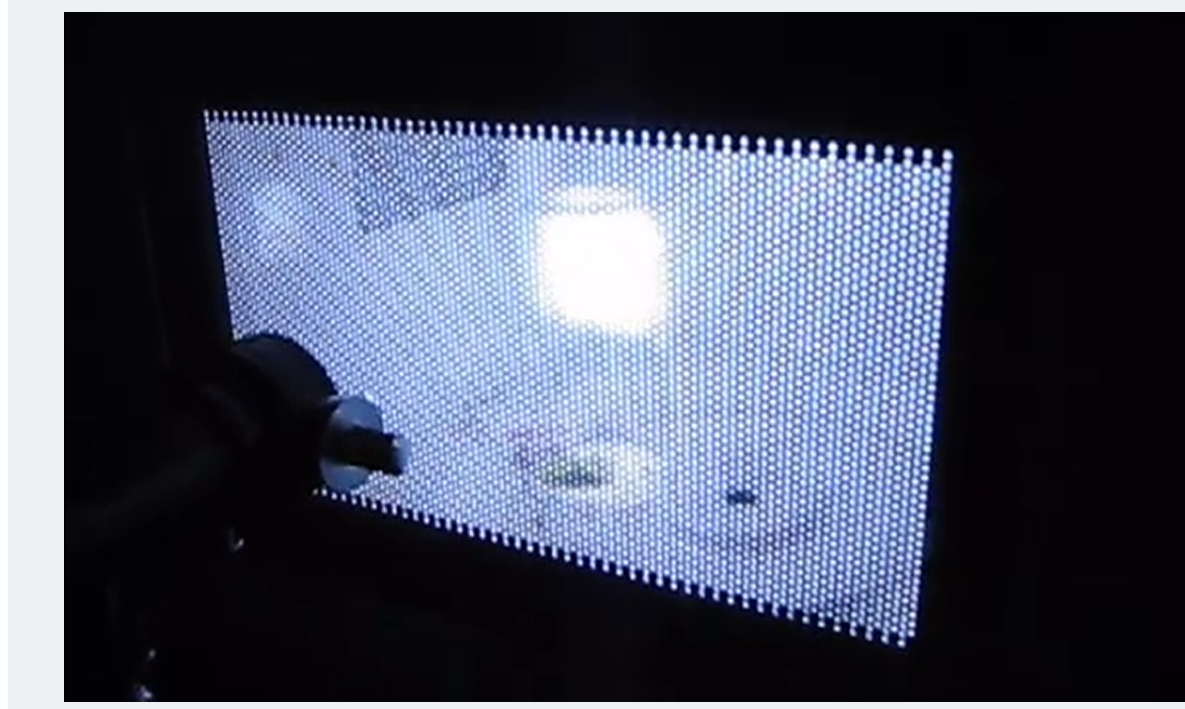


Abb. 1: **Leuchtendes Gas in der Mikrowelle.** Gegenstand des Versuches war, die Lichtemission des Gases zu untersuchen. Dazu wurden die Lichtemissionen des Gases spektroskopiert.

-> Möglichkeit, von dem Linienspektrum auf Teile der Zusammensetzung zu schließen -> Spektroskopie mit Beugungsgitter

$$d_n = n \cdot \lambda = g \cdot \sin(\varphi_n), n \in \mathbb{N}$$

λ = Wellenlänge, n = Ordnung des Hauptmaximums,
 g = Gitterkonstante, φ_n = Ablenkwinkel des Hauptmaximums

Wir fügten den Stoffen auf der Schnittstellenoberfläche der Weintraube durch **elektromagnetische Mikrowellen** so viel Energie hinzu, dass **Ionisationen stattfanden**.

VORGEHENSWEISE

- Der **Versuchsaufbau** ähnelt dem des Gitterspektrometers, aber: **kurze Lebensdauer der Emissionslinien**; die manuelle Vermessung durch das Fernrohr war nicht realisierbar.

-> Ein **CMOS-Sensor** wurde zur **Aufzeichnung des Beugungsmusters** verwendet (Fotokamera).

- Die **Weintrauben** wurden so eingeschnitten und auseinandergeklappt, dass beide Hälften durch einen Steg verbunden waren. Länge: **3cm für Resonanz mit Mikrowellenstrahlung**

- Die Weintraube wurde unter einem Glas im Hotspot platziert und die Mikrowelle eingeschaltet. Trat ein **leuchtendes Gas** aus, wurde die Kamera im Serienbildmodus ausgelöst.

- Anschließend wurde das **Spektrum einer Quecksilberdampfampe als Referenz** für die Lokalisation der Wellenlängen im Bild aufgenommen.

Auswertung: Beschnitt und **Verzeichnungskorrektur** der Rohbilder in der Software Darktable, Export im **linearen Rec2020 Farbraum** ohne Weissabgleich.

-> Möglichst **gute Korrelation** der Pixelwerte mit der **Intensität** des Spektrums; keine quantitativ exakte Relation zur physikalischen Strahlungsintensität, aber für das Experiment hinreichende Näherung, da hier primär die **Wellenlänge der Emissionslinien** ermittelt werden sollte.

Anhand der Pixelpositionen der Referenzlinien der Hg-Lampe wurden in eigenen Programm die Pixel des aufgenommenen Emissionsspektrums ihren Wellenlängen zugeordnet mit:

$$\lambda(x) = d \cdot \sin\left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{x_2 - x_1} \cdot (x - x_1) + \varphi_1\right)$$

φ_1 = gemessener Winkel der roten Referenzlinie, x_1 = Position der roten Referenzlinie, d = Gitterkonstante

φ_2 = gemessener Winkel der blauen Referenzlinie, x_2 = Position der blauen Referenzlinie, x = Position des aktuellen Pixels

Die über mehrere Zeilen gemittelten Werte der Pixel im aufgenommenen Spektrum wurden gegen die ihnen zugeordneten Wellenlängen in QTIPlot geplottet.

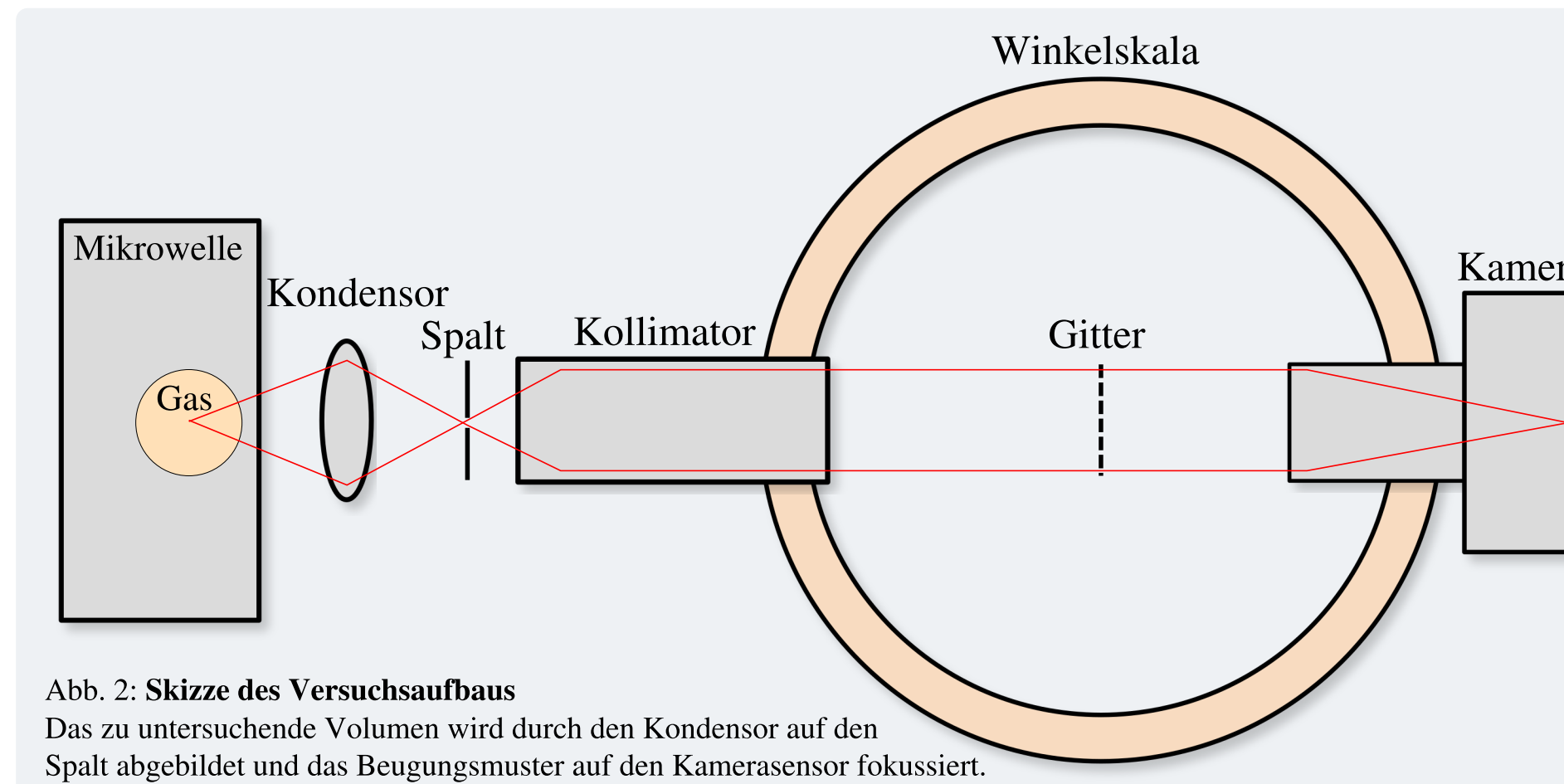


Abb. 2: **Skizze des Versuchsaufbaus**
Das zu untersuchende Volumen wird durch den Kondensator auf den Spalt abgebildet und das Beugungsmuster auf den Kamerasensor fokussiert.



Abb. 3: **Foto des Versuchsaufbaus**

ERGEBNISSE

Aus der Gitterspektroskopie konnten wir über die aus der Kamera ausgewerteten Bilder **4 diskrete Linien** herausstellen und ihnen teilweise **Stoffe zuordnen**:

Wellenlänge	Stoff
590 ± 3 nm	Natrium
553 ± 5 nm, 622 ± 5 nm	Calcium
418 ± 3 nm	Unbekannter Stoff

Tab. 1: **Zuordnung einzelner Stoffe zu den Emissionslinien.**

In der Weintraube sind **weitere Stoffe** enthalten, die **im Gas** scheinbar **nicht mehr vorhanden** sind. Die Stoffe, die eine verhältnismäßig hohe **elektrische Leitfähigkeit** aufweisen (Natrium, Calcium), nehmen mehr Strahlungsenergie auf und werden so **vorzugsweise ionisiert**.

Hinweis dafür, dass es sich um ionisiertes Gas handelt, sind folgende Überlegungen:

- Entstände das aufsteigende Gas **nur durch die Erwärmung**, so würde es **lediglich aus Wasserdampf** bestehen, da durch die dielektrische Erwärmung primär die H₂O Moleküle (Dipolstruktur) angeregt werden und somit **keine Spektrallinien anderer Stoffe** aufweisen.
- Würde ein **Aggregatwechsel nur aufgrund von Temperatur** stattfinden, so müsste das Gas **nach Abschalten der Mikrowelle erst abkühlen**, bevor es zusammenfällt und aufhört zu leuchten. **Dies ist aber nicht der Fall**, denn das Gas, bzw. dessen **Leuchten, verschwand, sobald die Mikrowelle ausgeschaltet wurde**.
- Das Gas **muss Ionen enthalten**, da in der Mikrowelle ausschließlich das **em-Feld** durch die von diesem bewirkten **Coulombkräfte** für den Bestand des Gases verantwortlich sein kann. Diese können aber nur wirken, falls in dem Gas **freie Ladungsträger vorhanden** sind.

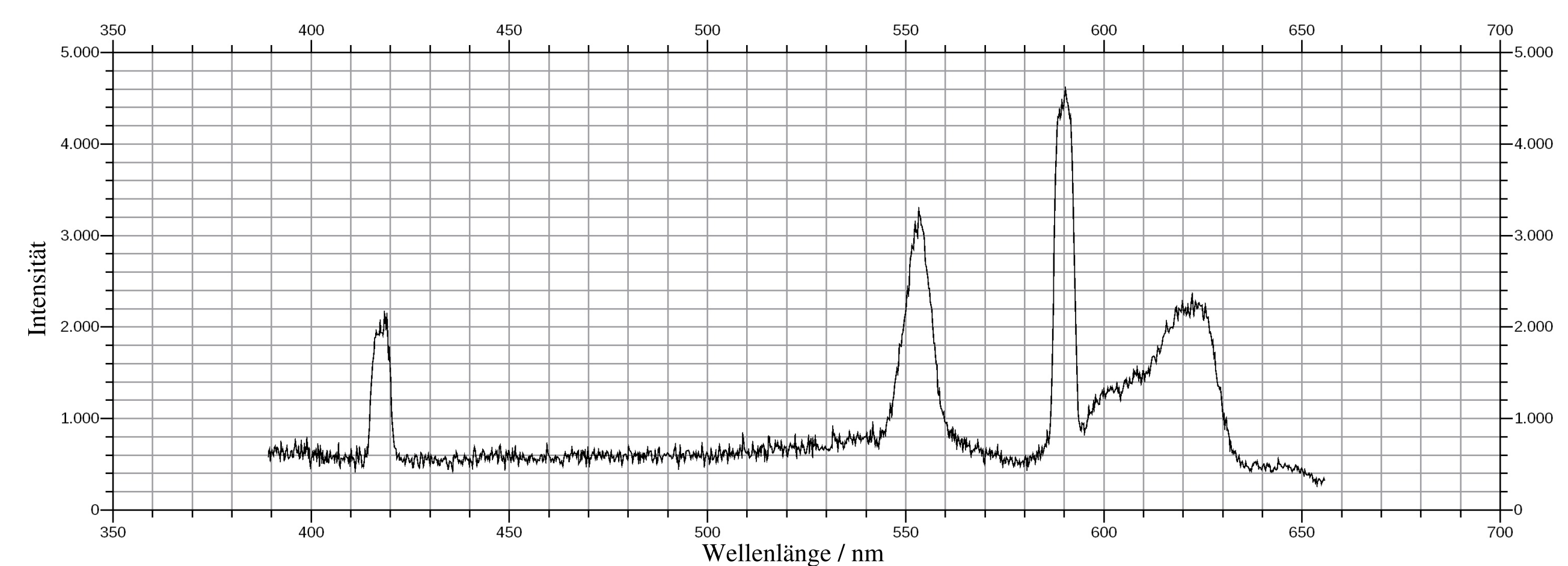


Abb. 4: **Spektrum der Emissionen mit Plot.** Die waagerechte Position der Pixel wurde den Wellenlängen zugeordnet. Die Werte für die Intensität gehen aus dem Hellwert der Pixel hervor und besitzen daher keine Einheit.

FAZIT

Ausblick für weitere spannende Untersuchungen am Gas:

- Die **Temperatur** kann anhand der Farbtemperatur abgeschätzt werden.
- Die **Ladungsträgerdichte** wird über die elektrische Leitfähigkeit des Plasmas durch Verwendung einer **Langmuir-Sonde** herausgefunden. Vor dem Einfügen dieser in die Mikrowelle sollte man überlegen, ob man die Sonde in einem Faraday-Käfig vor den elektromagnetischen Wellen abschirmen muss.

Somit erhält man die nötigen Werte für die Berechnung des Plasmaparameters. **Erst damit kann entschieden werden, ob das Gas genügend stark ionisiert ist, um als Plasma bezeichnet werden zu können.** Nach den Untersuchungen wissen wir nun, dass sich in dem Gas Natrium und Calcium befinden. Die Vermutung liegt sehr nahe, dass das Gas Ionen enthält. Ob es sich bei dem Gas tatsächlich um ein Plasma handelt, wie im Video behauptet wurde, kann mit den beschriebenen Mitteln in zukünftigen Versuchen untersucht werden.

