



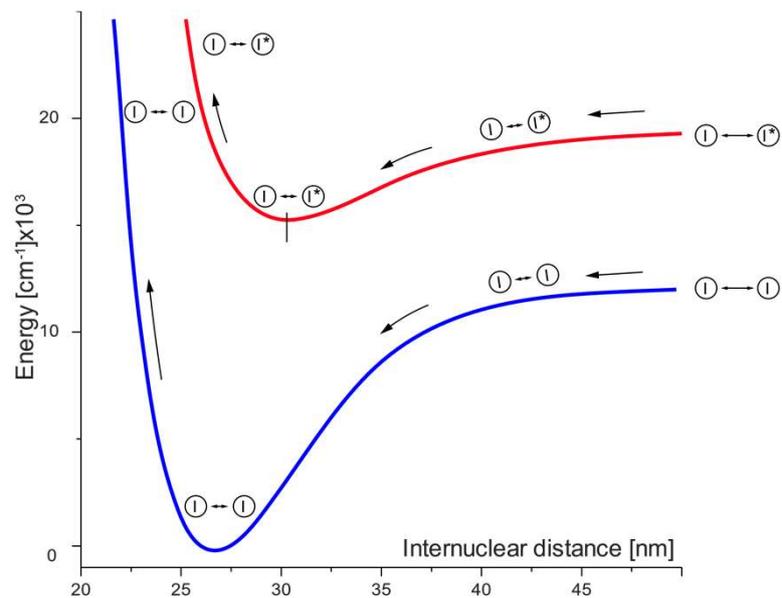
Jod für die Raumschiff und Satelliten Navigation

Warum Jod?

- Gut verfügbar und gut in Glas oder Quarzzellen zu handhaben
- Hoher Dampfdruck (mBar, Sublimation) schon bei Raumtemperatur
- Dampf enthält nur Dimere (I_2)
- Hohe Liniendichte (Absorption/Emission) im Sichtbaren und nahen IR
- Schweres Molekül, daher geringe Dopplerlinienbreite (250 MHz)

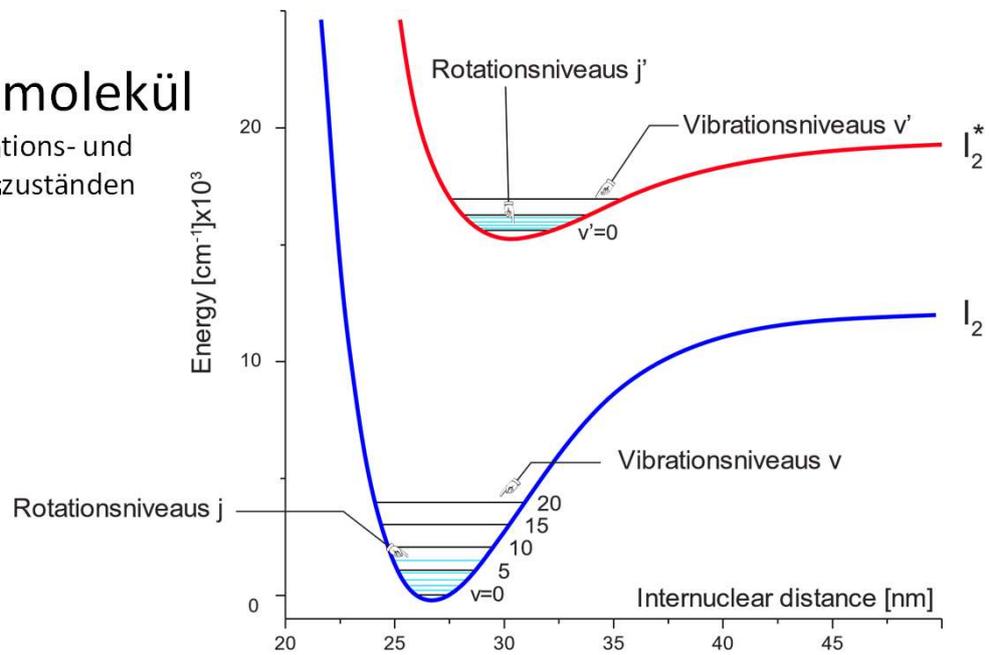
Das Jodmolekül

-elektronische Zustände -



Das Jodmolekül

Mit Vibrations- und Rotationszuständen

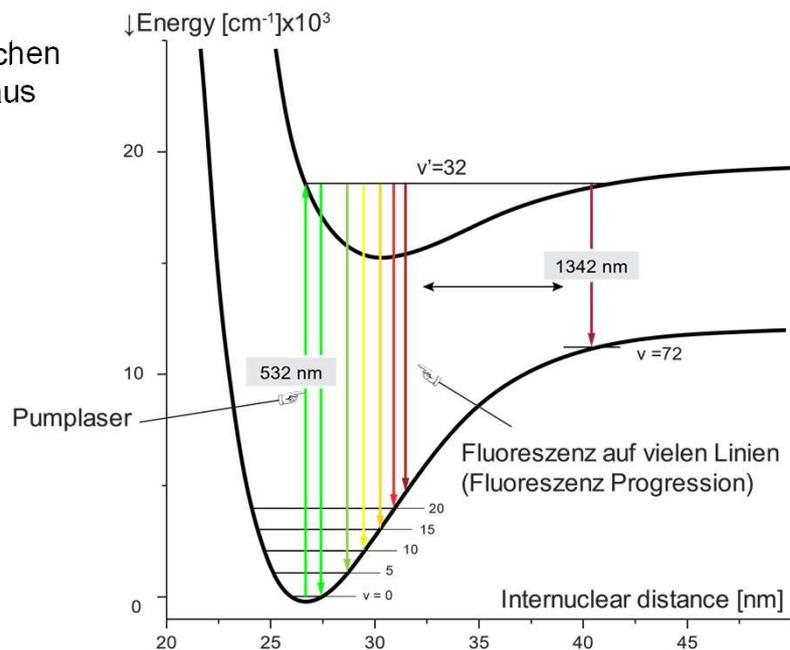


Strahlungsübergänge (Absorption/Emission) im Jodmolekül

- Homonukleare zweiatomige Moleküle haben kein permanentes Dipolmoment
- Keine Übergänge zwischen Rotations- und Vibrationsniveaus innerhalb eines elektronischen Zustandes
- Kein Infrarot (IR) Spektrum
- Nur elektronische Rotations- und Vibrations- Übergänge

Absorption und Emission zwischen Rotations- und Vibrationsniveaus

- Anregung erfordert schmalbandigen Pumplaser

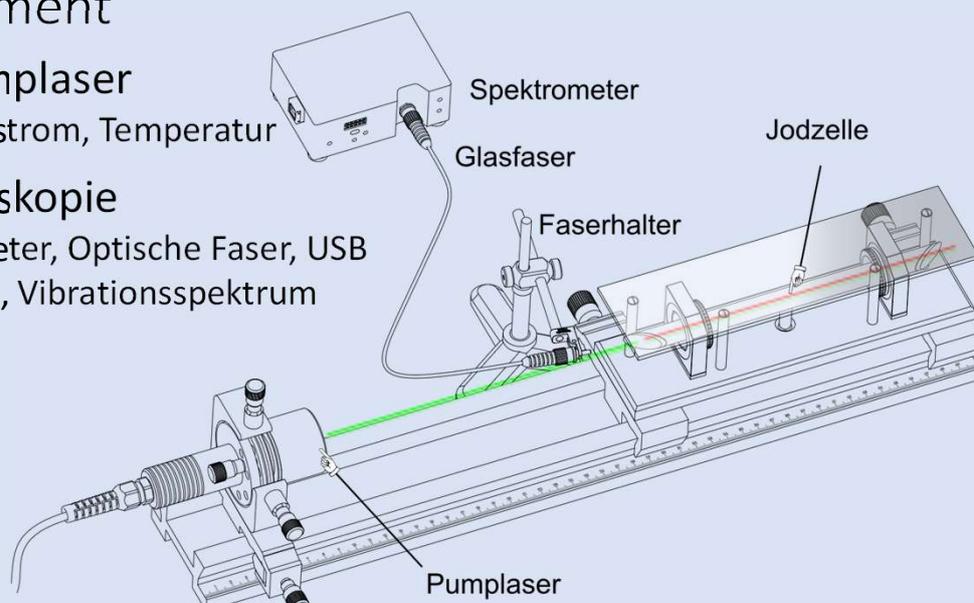


Ingenieurbüro
Dr. Walter Luhs

Slide 9

Das Experiment

- **Der Pumplaser**
Injektionsstrom, Temperatur
- **Spektroskopie**
Spektrometer, Optische Faser, USB
Rotations-, Vibrationsspektrum



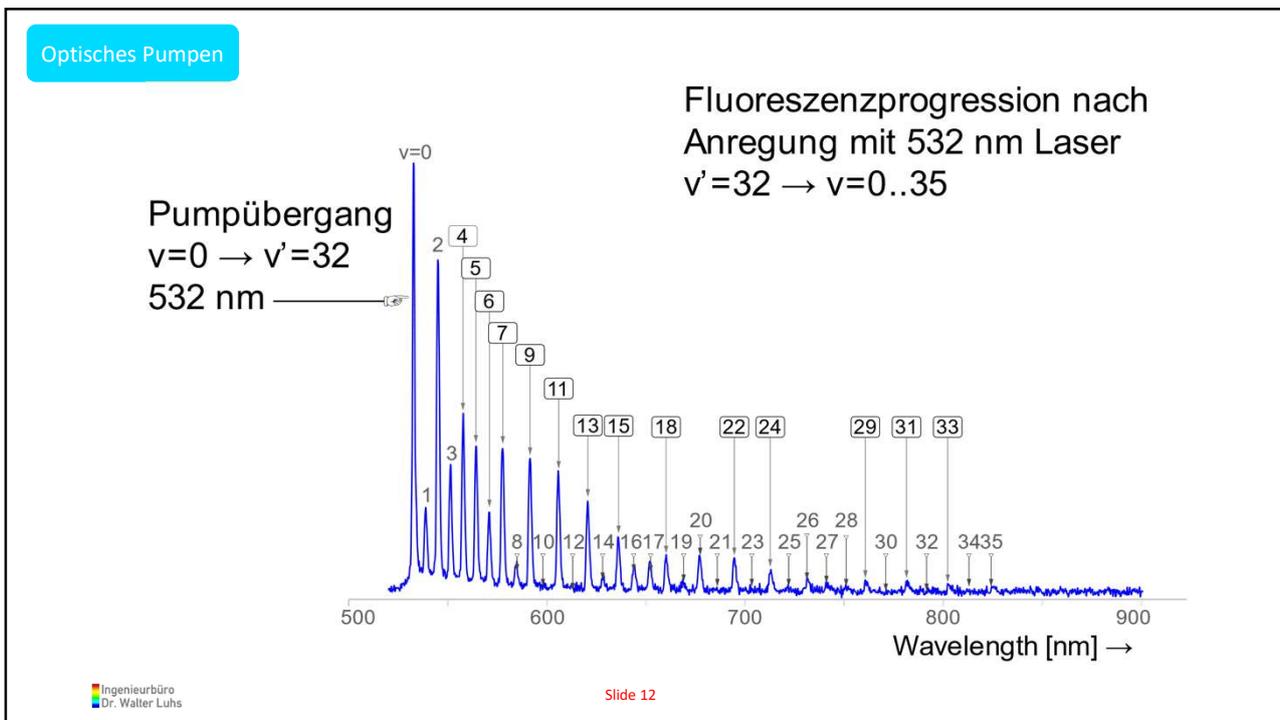
Ingenieurbüro
Dr. Walter Luhs

Slide 10



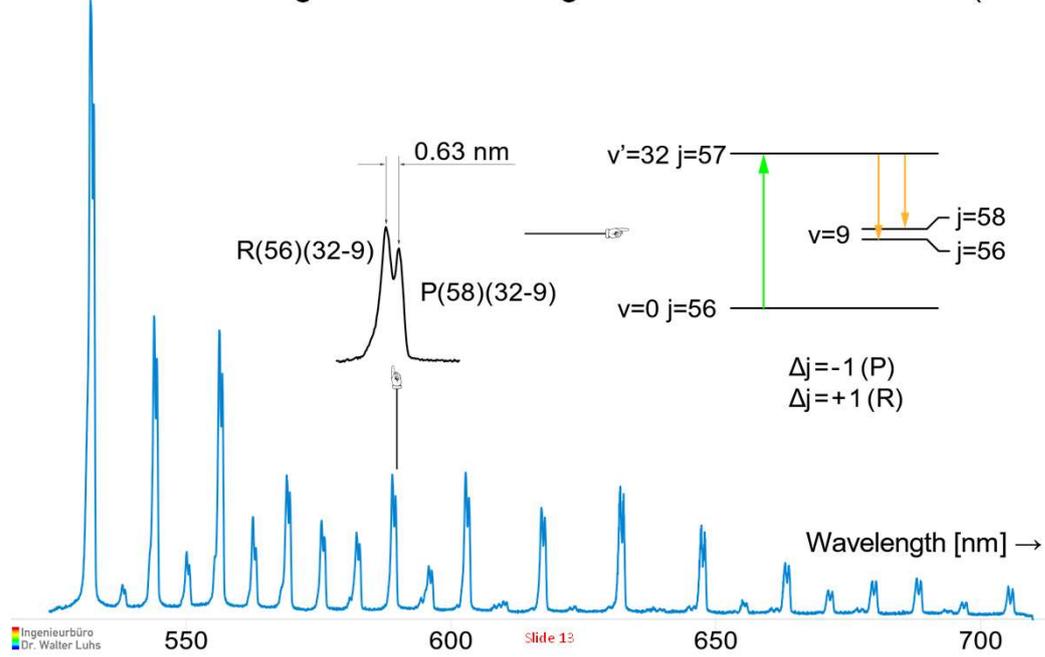
Ingenieurbüro
Dr. Walter Luhs

Slide 11

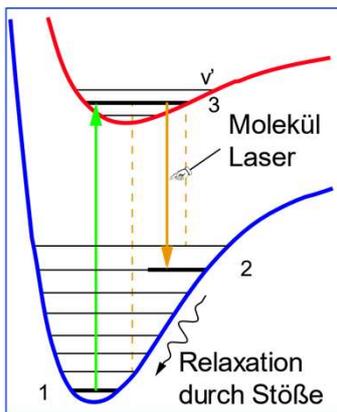


Slide 12

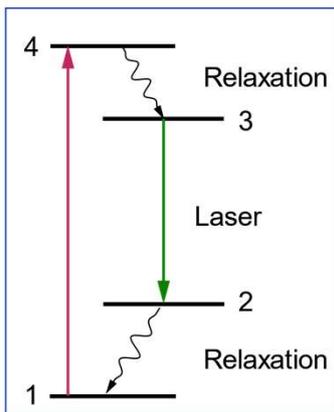
J2 Fluoreszenz Progression mit aufgelösten Rotationslinien (Doublets)



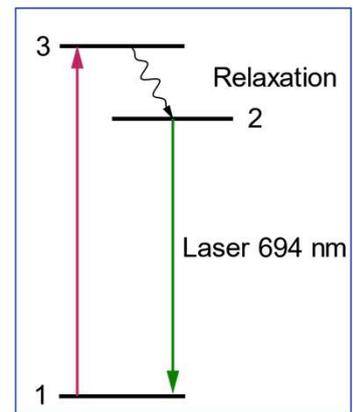
Dimeren Laser
3-Niveau Laser

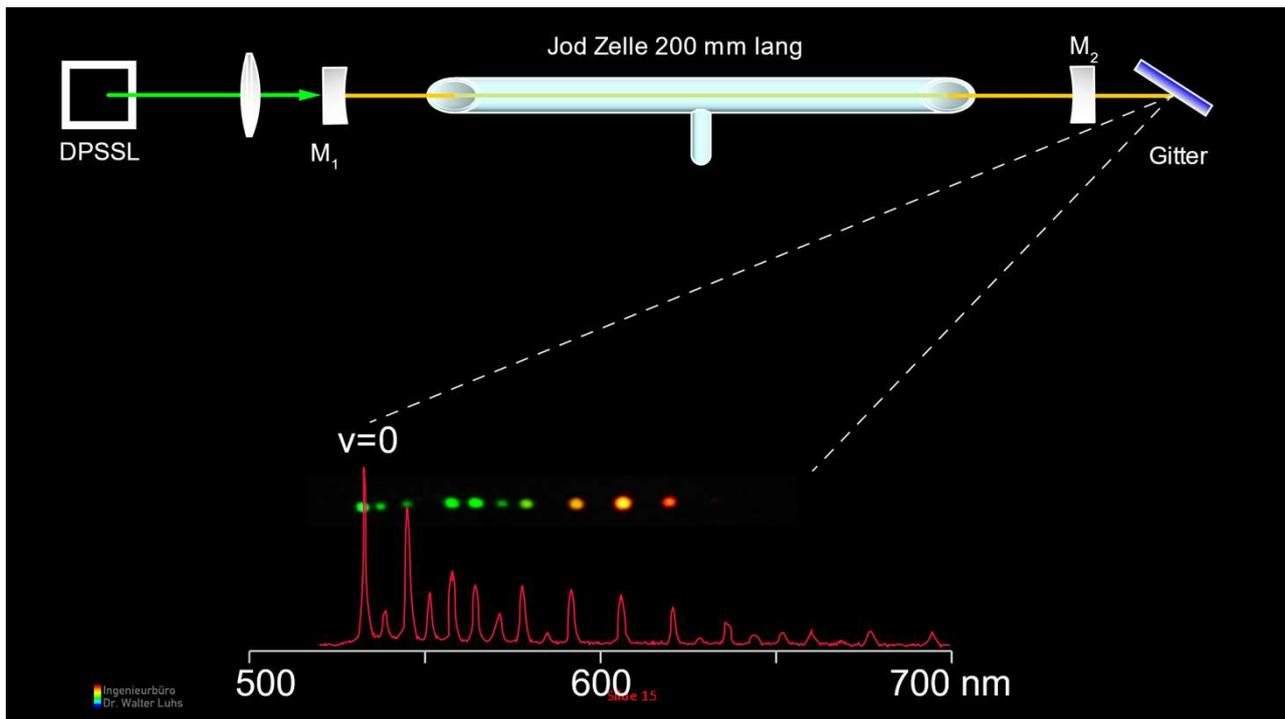


“normale” Laser
4-Niveau Laser



Rubinelaser
3-Niveau Laser





Der Raman Prozess

Rayleigh
Streuung

Stokes Raman
Streuung

Anti Stokes
Raman
Streuung

1928 in Flüssigkeiten entdeckt
1930 Nobelpreis für Physik



Sir Chandrasekhara
Venkata Raman

- Nichtlinearer Streuprozess
- Zweiphotonenprozess, simultane Absorption-Absorption
- Möglich in allen Medien
- Kein Laser erforderlich
- Kohärente Kopplung zweier Strahlungsfelder
- Mit Pumplaser kohärente Verstärkung ohne Inversion möglich
- Bedeutende Anwendungen in Spektroskopie, Stoffanalyse, Frequenzkonversion von Lasern

Ingenieurbüro
Dr. Walter Luhs

Slide 16

Verstärkung durch Inversion

Verstärkungskoeffizient $\alpha_{inv} \sim n_3 - n_2$
wegen sub-Doppler Anregung unterschiedliche Emissionsfrequenzen ω_D^\pm

$\omega_p \rightarrow \omega_D \rightarrow \omega_D^+ = \omega_{32} + k_p \cdot v$
 $\omega_p \rightarrow \omega_D \leftarrow \omega_D^- = \omega_{32} - k_p \cdot v$

Aber: $\alpha_{inv}^+ = \alpha_{inv}^-$

Raman Verstärkung

Zweiphotonenresonanz:
 $\omega_p - \omega_D^\pm = \omega_{21}$

$\alpha_R \sim n_1 - n_2$

alle Moleküle nehmen am Prozess teil
teilweise Dopplerkompensation in + Richtung

$\alpha_R^+ \gg \alpha_R^-$

Exakte Berechnung durch Dichtematrix Formalismus (kohärente Kopplung)
 Komplexe Verstärkungsprofile bei Resonanz, dynamischer Starkeffekt
 Raman-Verstärkung führt zum spontanen Einrichtungsbetrieb im Ringresonator

Slide 17

UV Kitt

Laserdiode 808 nm

L1

Nd:VO₄

KTP

F

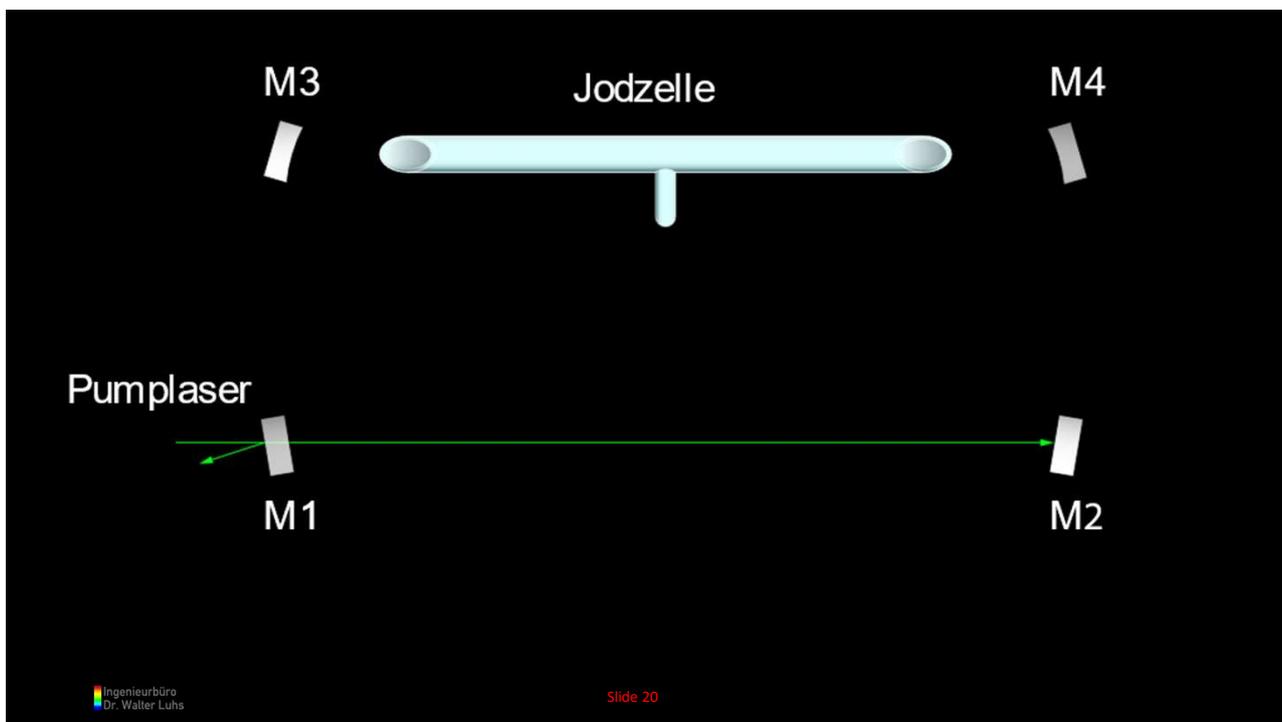
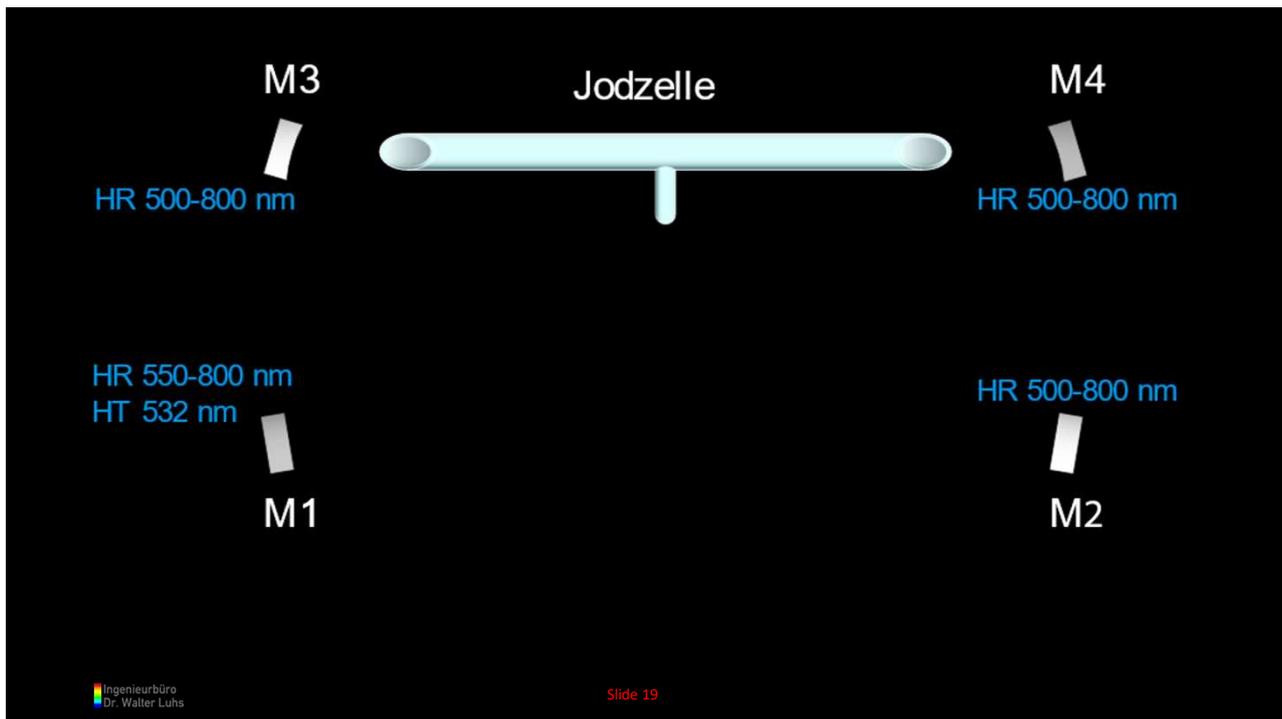
Resonator Spiegel M1

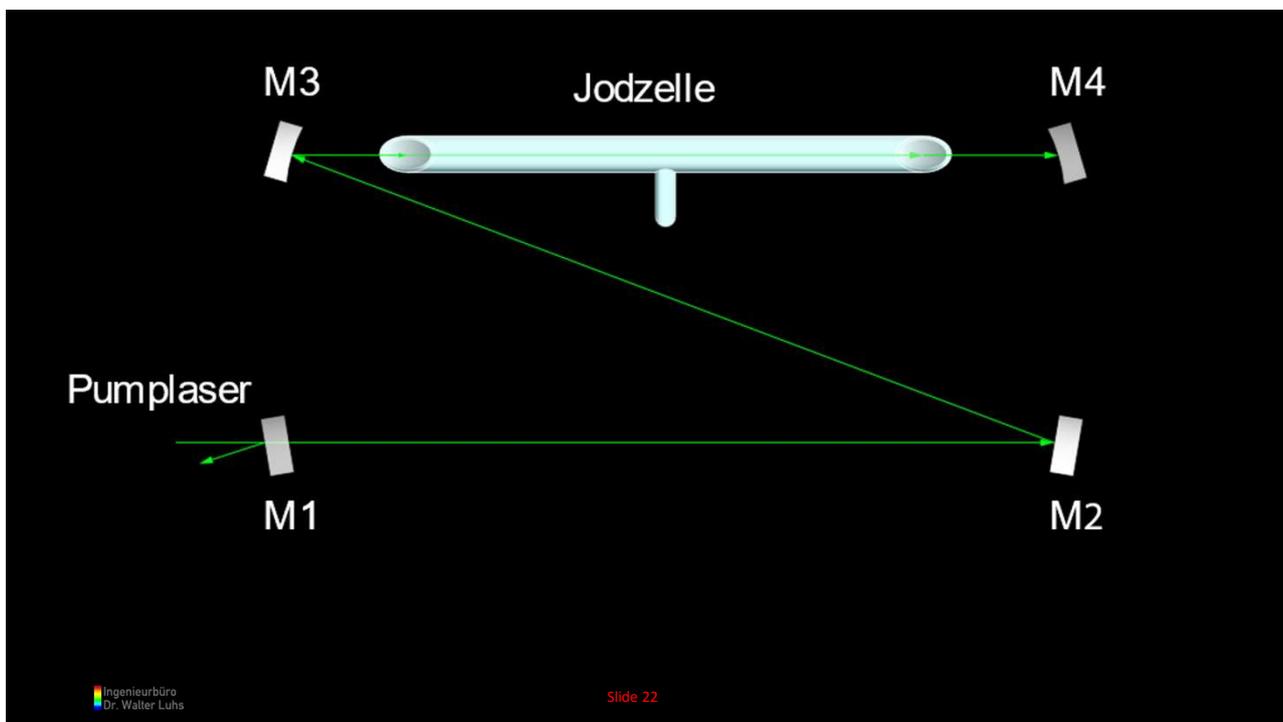
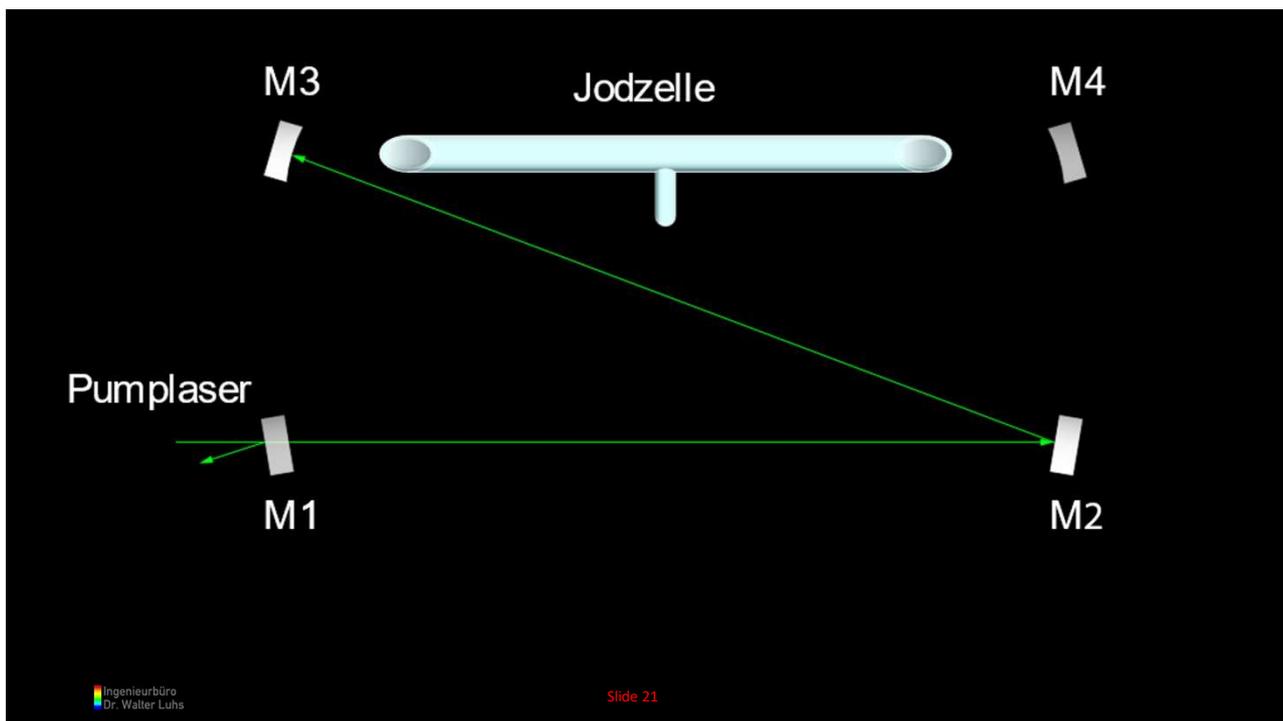
M2

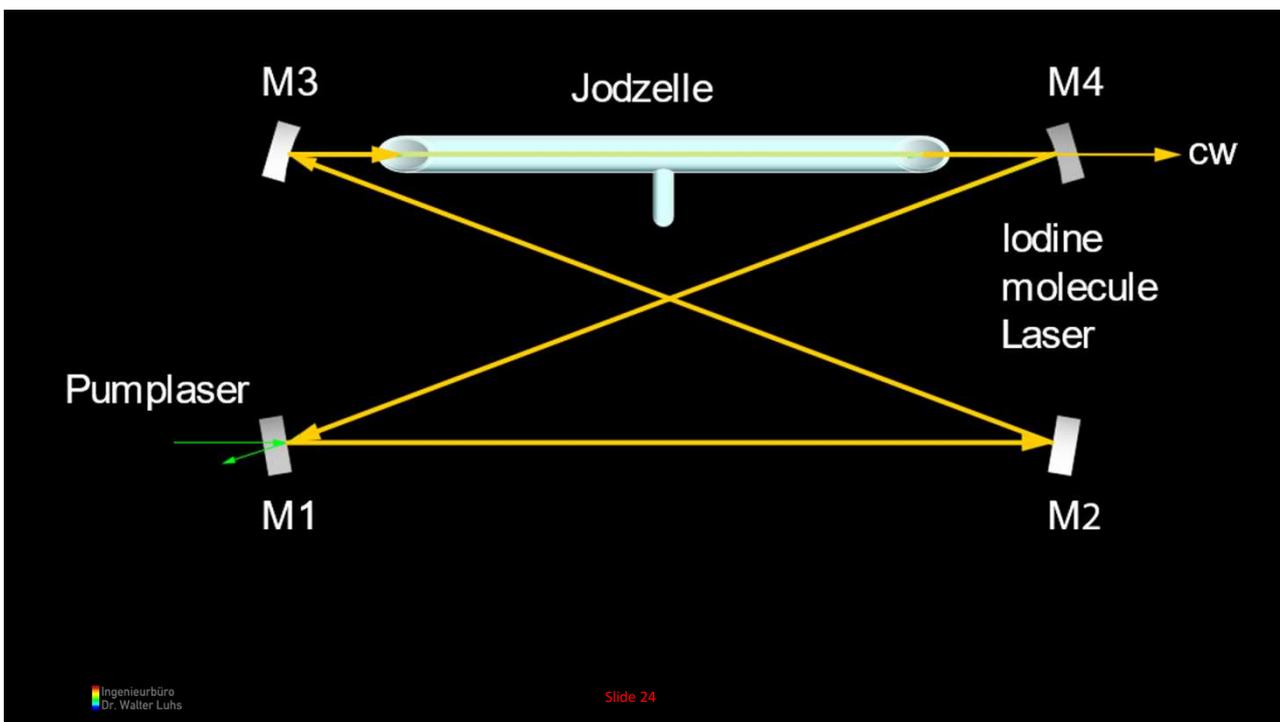
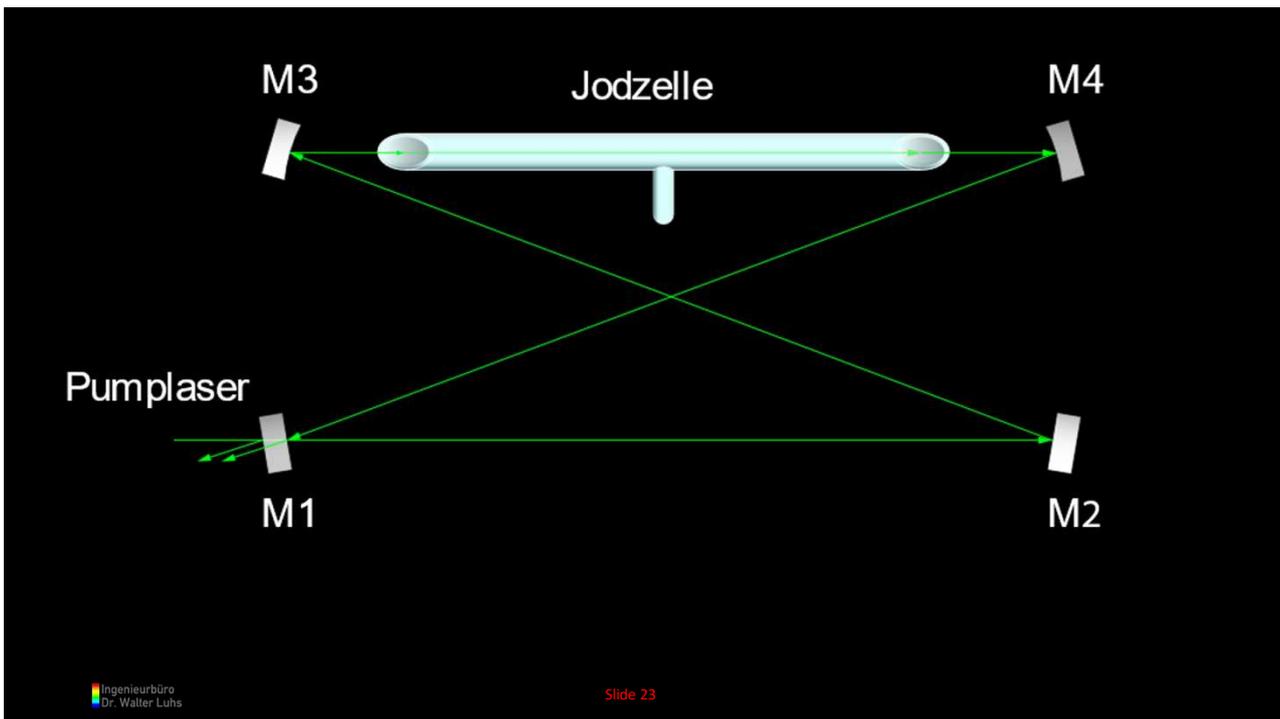
2 mm

3 mm

Slide 18







Vom Jod-Atom zum Jod-Molekül
Molekulare Energieniveaus
Rotations- und Vibrations- Quantenzahlen
Elektronische Übergänge des Jod-Molekül
Anregungs-Spektroskopie (LIF)
Höchst präzise bekannte Übergänge
Anwendung in der Raumfahrt und Laserstabilisierung