

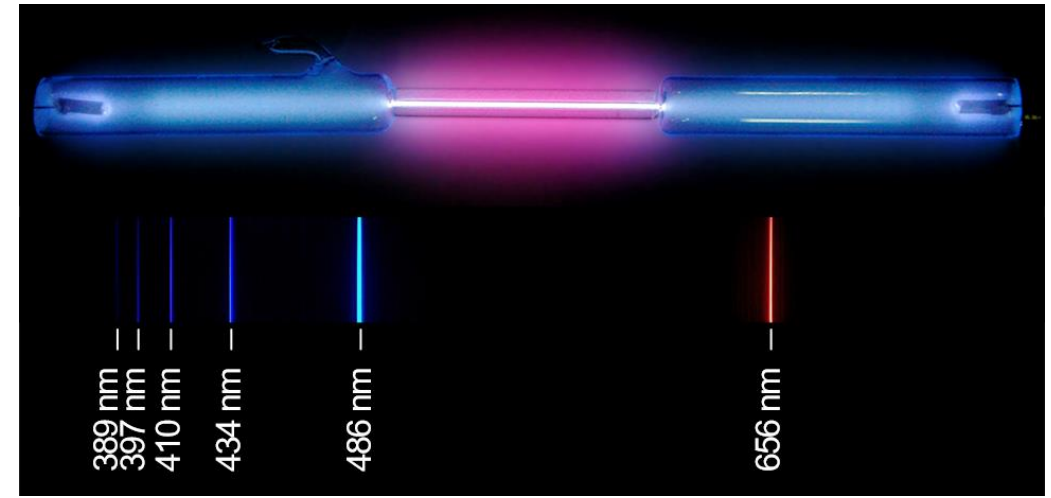
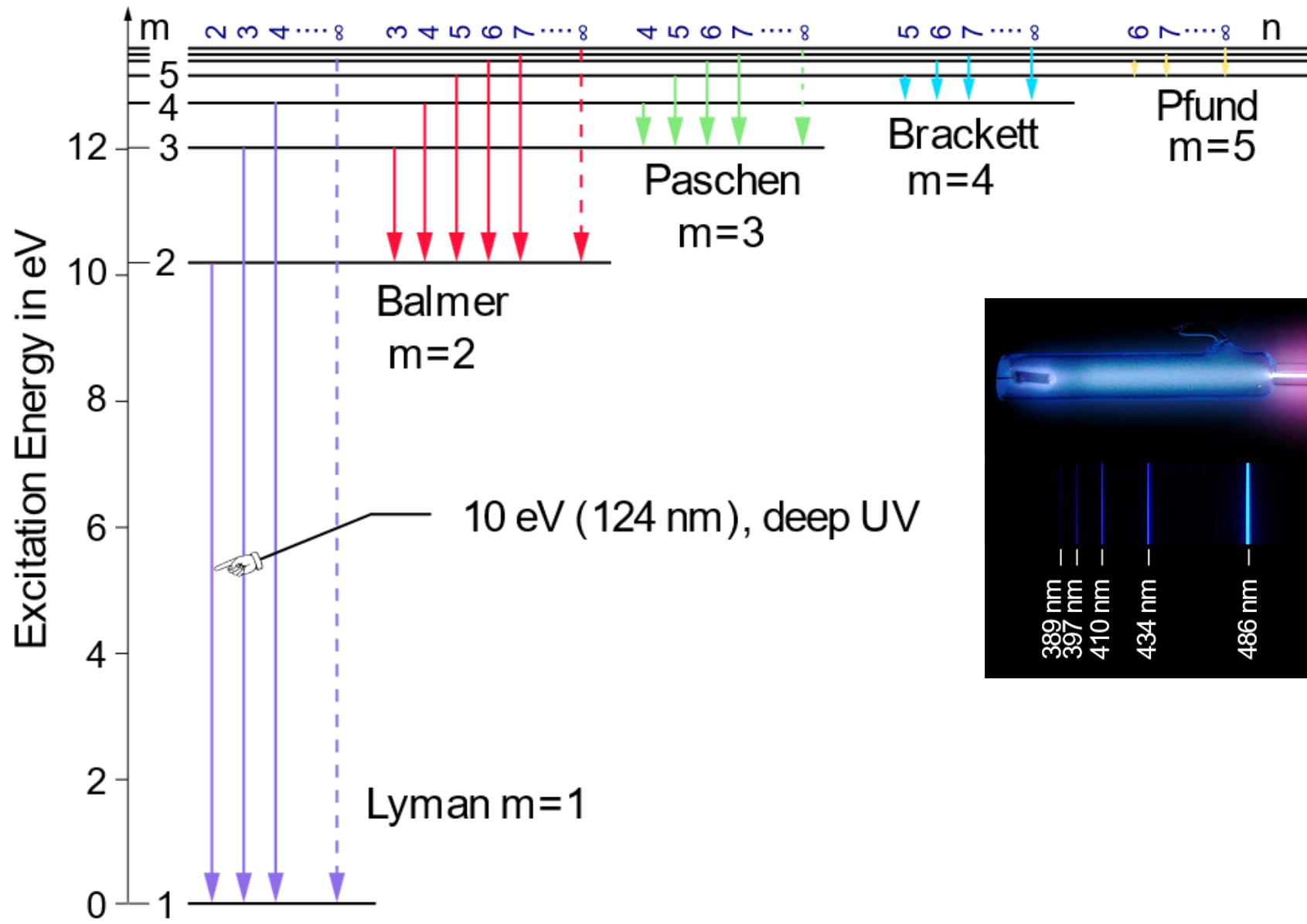
# Jod Raman Laser

## W. Luhs



Foto by Markus Pössel (User: Mapos) - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=20386566>

**„So gut wie alles, was wir über die Welt wissen, haben wir durch das Licht gelernt“, sagt der deutsche Nobelpreisträger Theodor Hänsch.**



# Elemente mit zweiatomigen Moleküllasern



Gepulste Dimeren Laser



kontinuierliche Dimeren Laser

Na<sub>2</sub> und J<sub>2</sub> erste kontinuierliche Dimeren Laser 1977  
Wellegehausen et. al.

<sup>1</sup> H																		<sup>2</sup> He
<sup>3</sup> Li	<sup>4</sup> Be											<sup>5</sup> B	<sup>6</sup> C	<sup>7</sup> N	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> F	<sup>10</sup> Ne	
<sup>11</sup> Na	<sup>12</sup> Mg											<sup>13</sup> Al	<sup>14</sup> Si	<sup>15</sup> P	<sup>16</sup> S	<sup>17</sup> Cl	<sup>18</sup> Ar	
<sup>19</sup> K	<sup>20</sup> Ca	<sup>21</sup> Sc	<sup>22</sup> Ti	<sup>23</sup> V	<sup>24</sup> Cr	<sup>25</sup> Mn	<sup>26</sup> Fe	<sup>27</sup> Co	<sup>28</sup> Ni	<sup>29</sup> Cu	<sup>30</sup> Zn	<sup>31</sup> Ga	<sup>32</sup> Ge	<sup>33</sup> As	<sup>34</sup> Se	<sup>35</sup> Br	<sup>36</sup> Kr	
<sup>37</sup> Rb	<sup>38</sup> Sr	<sup>39</sup> Y	<sup>40</sup> Zr	<sup>41</sup> Nb	<sup>42</sup> Mo	<sup>43</sup> Tc	<sup>44</sup> Ru	<sup>45</sup> Rh	<sup>46</sup> Pd	<sup>47</sup> Ag	<sup>48</sup> Cd	<sup>49</sup> In	<sup>50</sup> Sn	<sup>51</sup> Sb	<sup>52</sup> Te	<sup>53</sup> I	<sup>54</sup> Xe	
<sup>55</sup> Cs	<sup>56</sup> Ba	57..71	<sup>72</sup> Hf	<sup>73</sup> Ta	<sup>74</sup> W	<sup>75</sup> Re	<sup>76</sup> Os	<sup>77</sup> Ir	<sup>78</sup> Pt	<sup>79</sup> Au	<sup>80</sup> Hg	<sup>81</sup> Tl	<sup>82</sup> Pb	<sup>83</sup> Bi	<sup>84</sup> Po	<sup>85</sup> At	<sup>86</sup> Rn	
<sup>87</sup> Fr	<sup>88</sup> Ra	89..103	<sup>104</sup> Rf	<sup>105</sup> Db	<sup>106</sup> Sg	<sup>107</sup> Bh	<sup>108</sup> Hs	<sup>109</sup> Mt	<sup>110</sup> Ds	<sup>111</sup> Rg	<sup>112</sup> Cn	<sup>113</sup> Uut	<sup>114</sup> Fl	<sup>115</sup> Uup	<sup>116</sup> Lv	<sup>117</sup> Uus	<sup>119</sup> Uuo	

## 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)

# Was können Studenten durch diesen Versuch lernen?

## **Spektroskopie und Quantenmechanik**

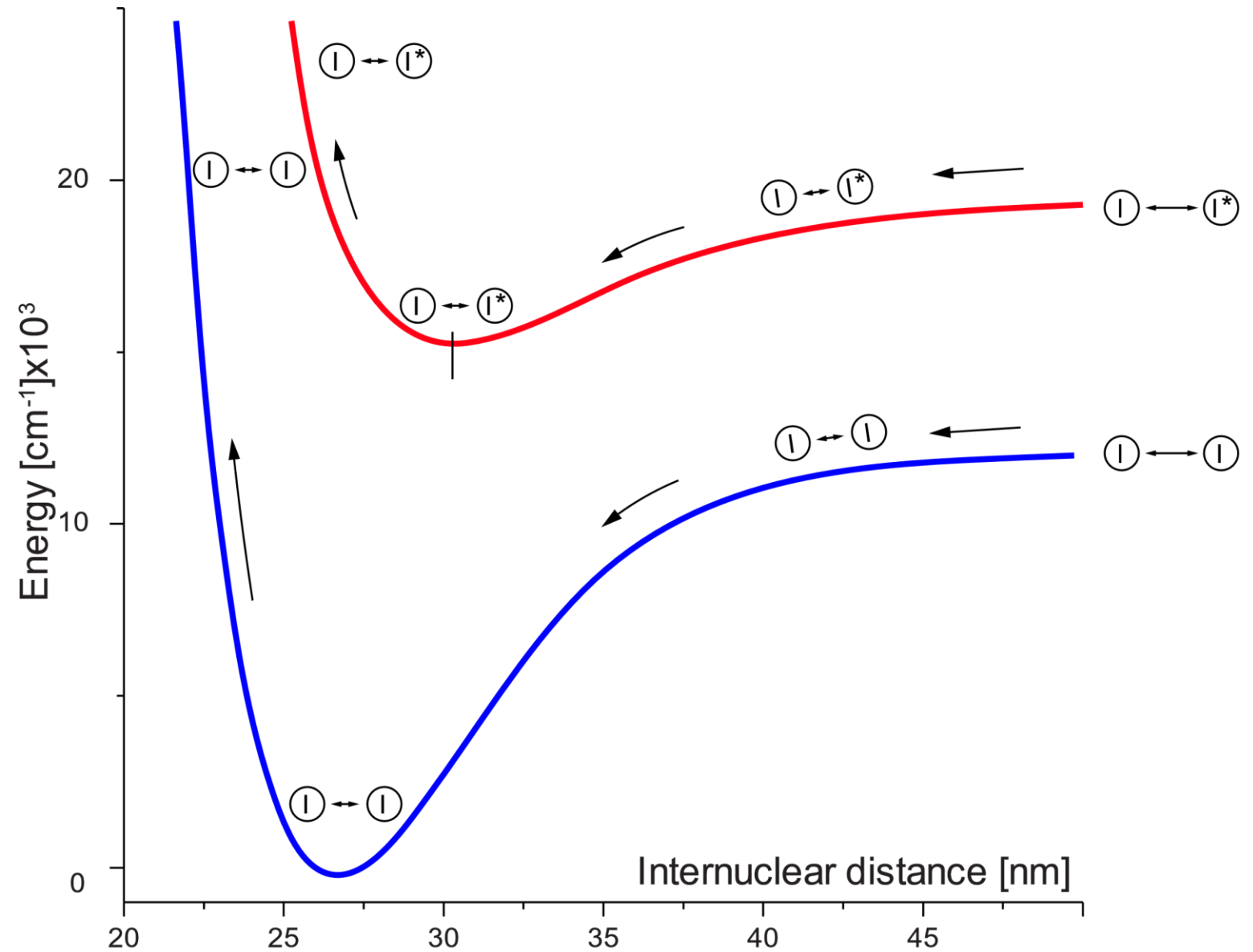
- Molekülspektren, Elektronische Niveaus, Vibrations- und Rotationsquantenzahlen
- Laser Induzierte Fluoreszenz
- Absorption und Dopplerverbreiterung
- Spektroskopie am Jod, Bestimmen des Pumpüberganges, Vibrationsquantenzahlen
- Umgang mit einem Spektrometer
- Abstimmbarer Laser, Single Mode, Linienbreite

## **Optisches Pumpen und Laseraktion des Jodmoleküls**

- Grundzustand, Anregung in höheres Elektronisches Niveau
- Optischer Resonator
- Multi-Linien Laseremission
- Dreiniveau System mit Raman Verstärkung
- Einrichtungsbetrieb im Ring Resonator
- Laseroszillation auf Hyperfeinstrukturen

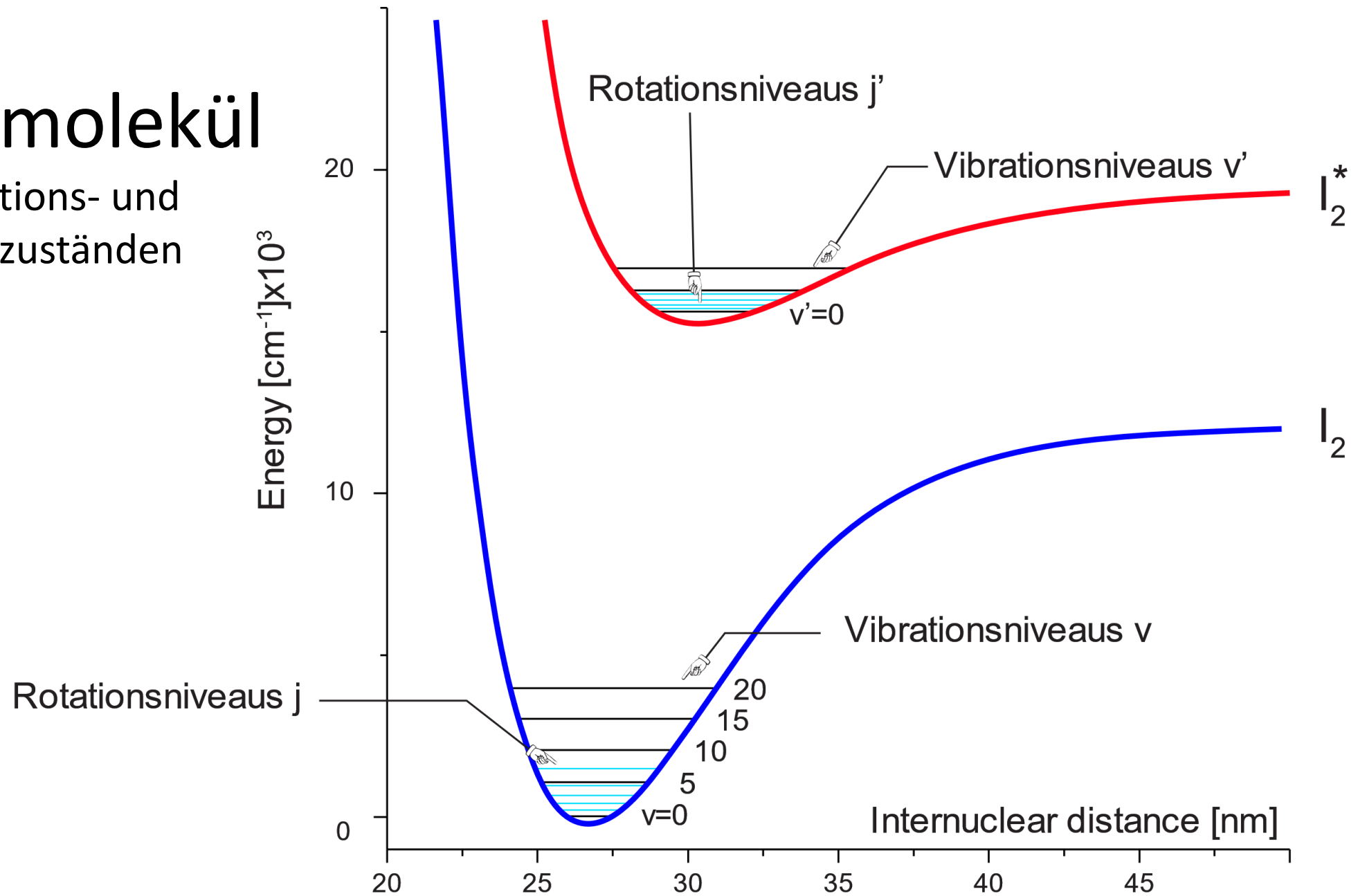
# Das Jodmolekül

-elektronische Zustände -



# Das Jodmolekül

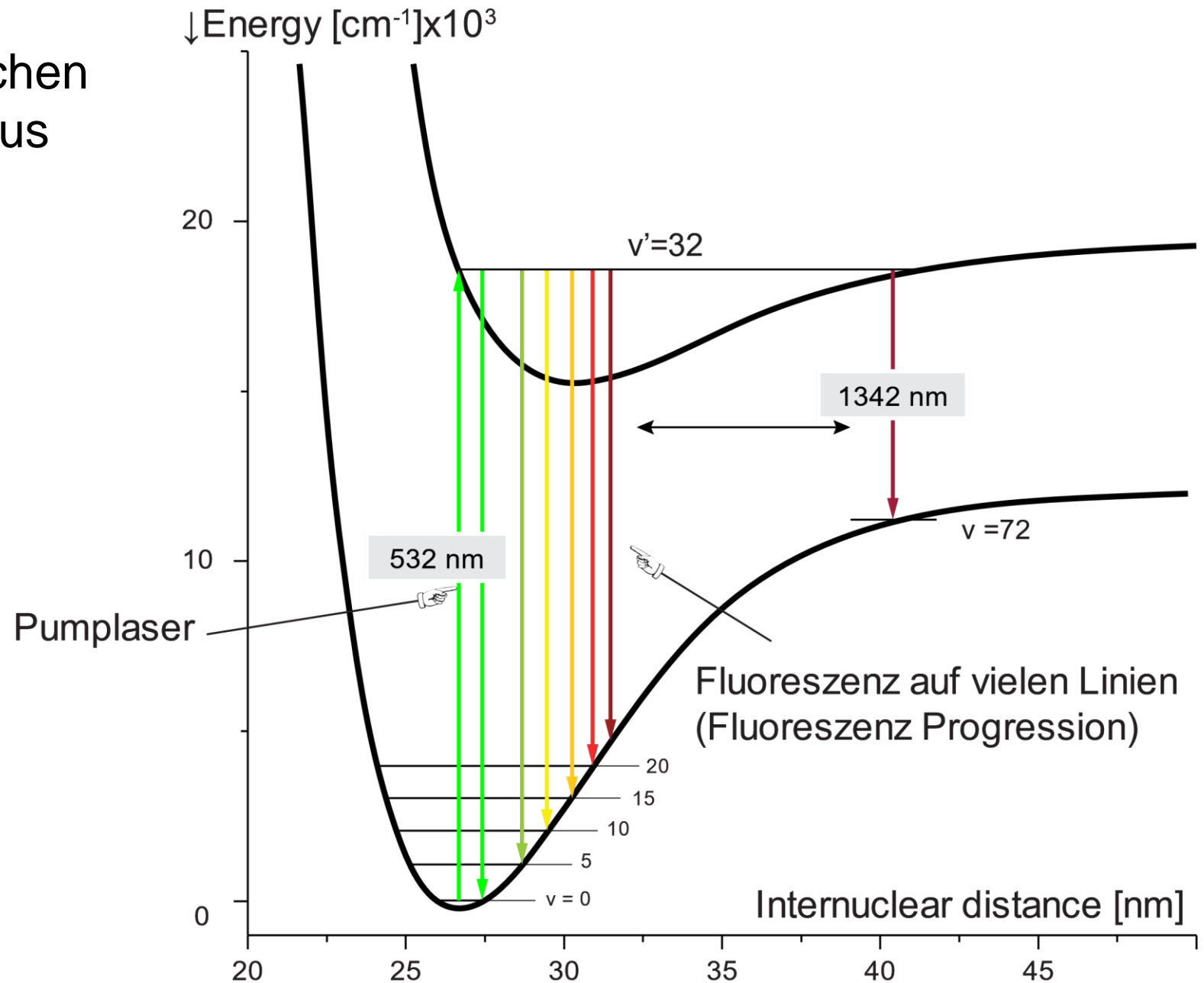
Mit Vibrations- und Rotationszuständen

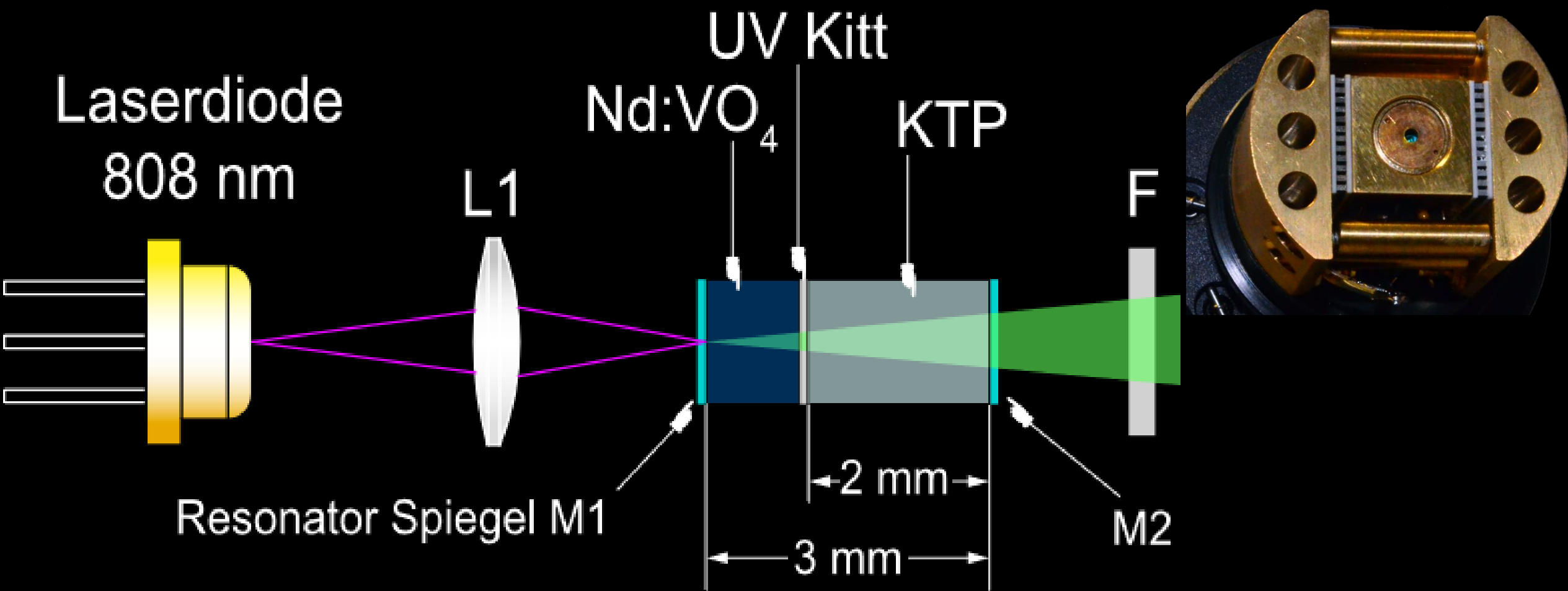




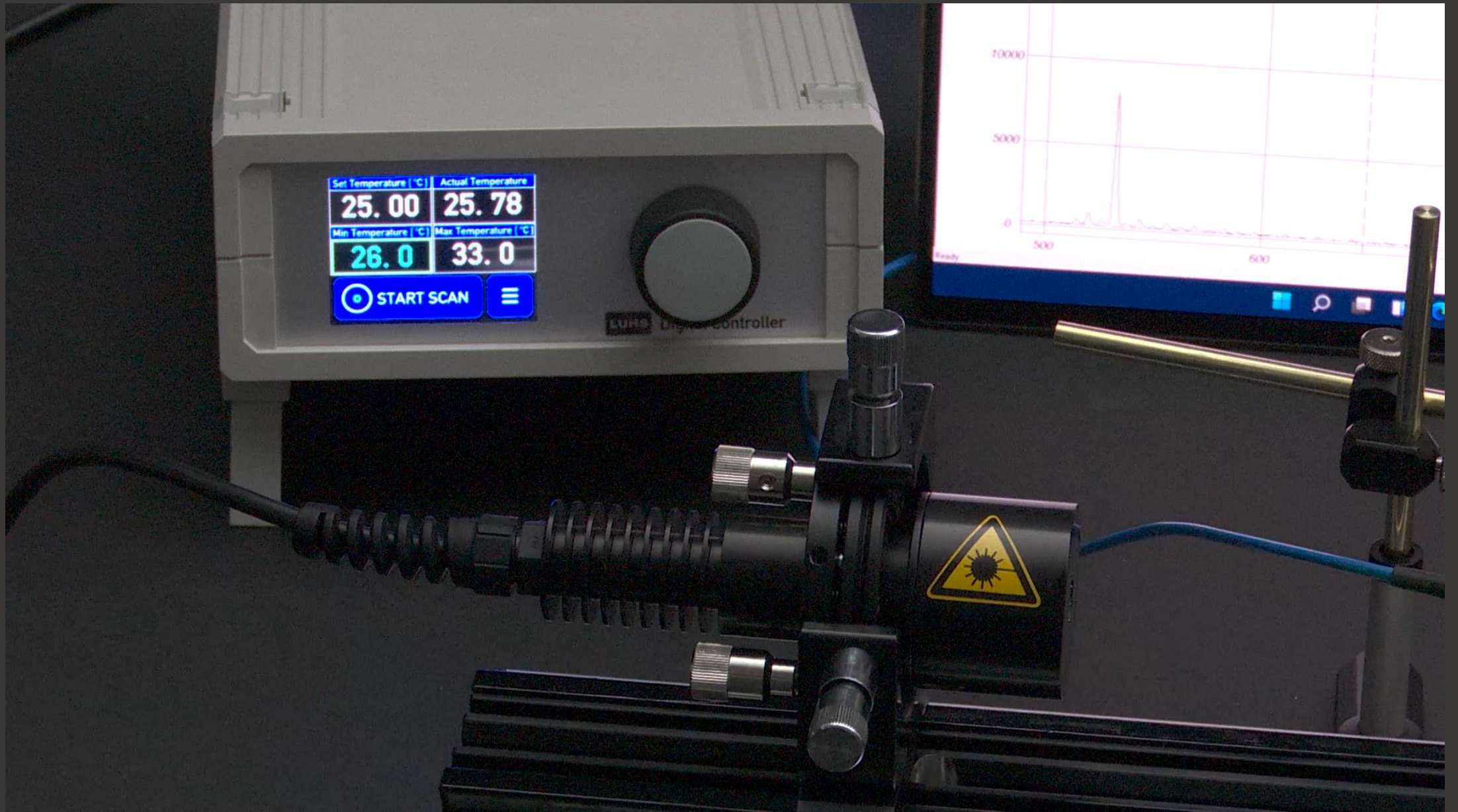
# Absorption und Emission zwischen Rotations- und Vibrationsniveaus

- Anregung erfordert schmalbandigen Pumplaser



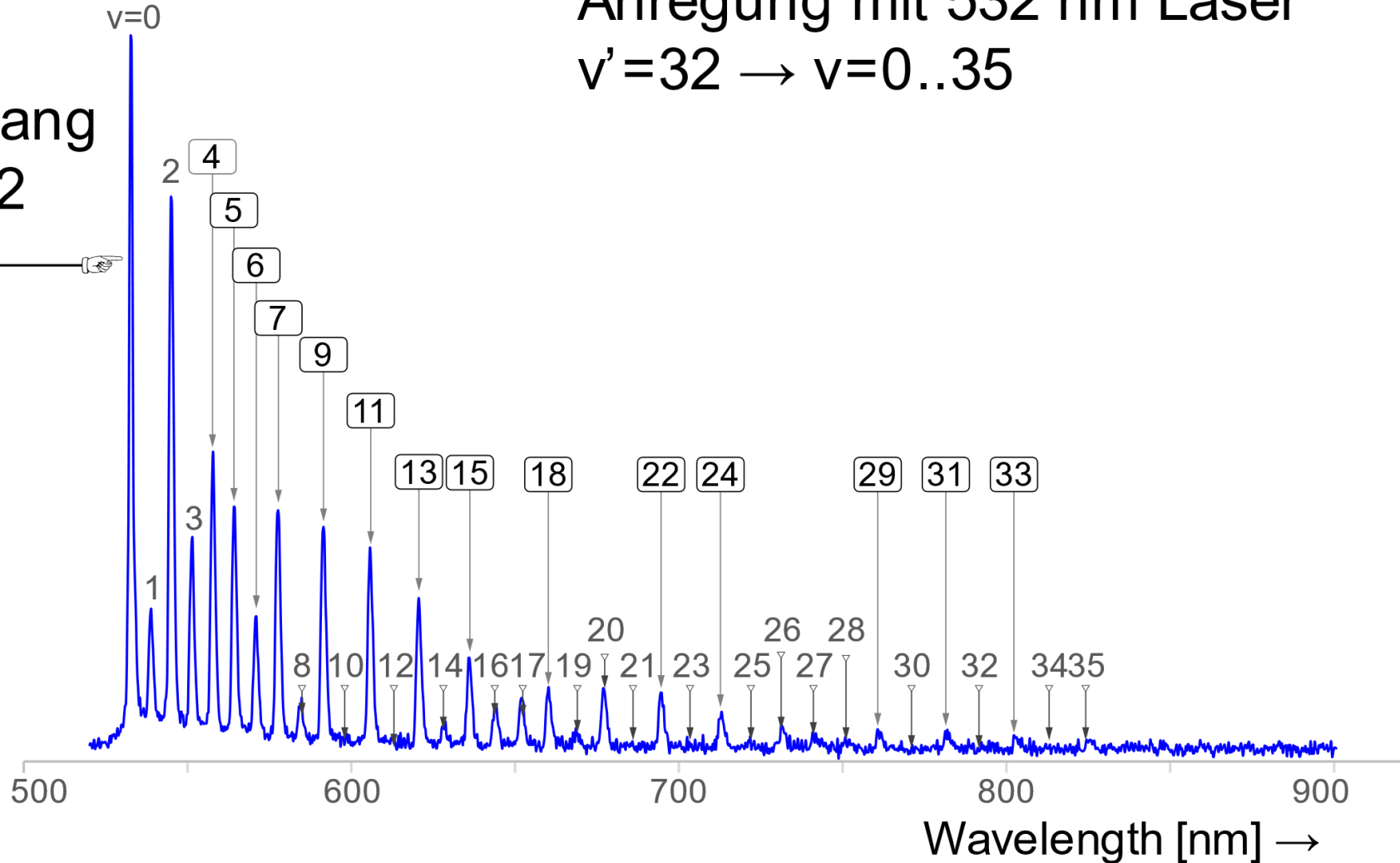


Pump Laser Verstimmung:  
 4.5 GHz/°C (45 MHz/0.01 °C)

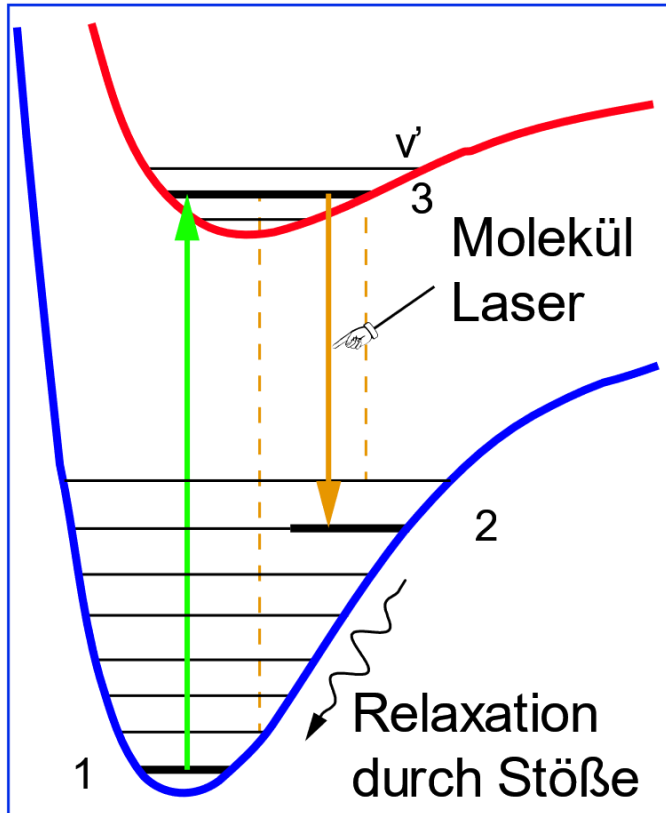


# Fluoreszenzprogression nach Anregung mit 532 nm Laser $v' = 32 \rightarrow v = 0..35$

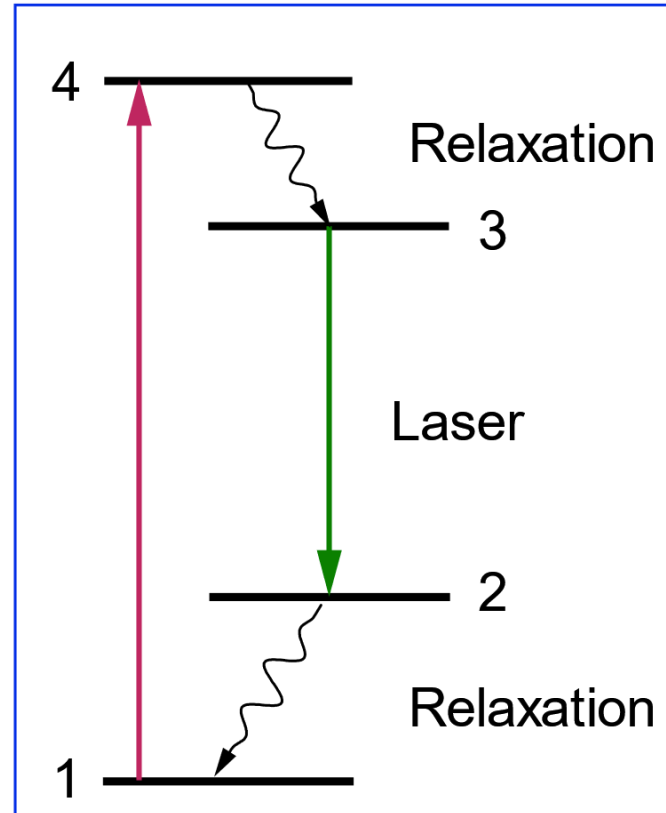
Pumpübergang  
 $v = 0 \rightarrow v' = 32$   
532 nm



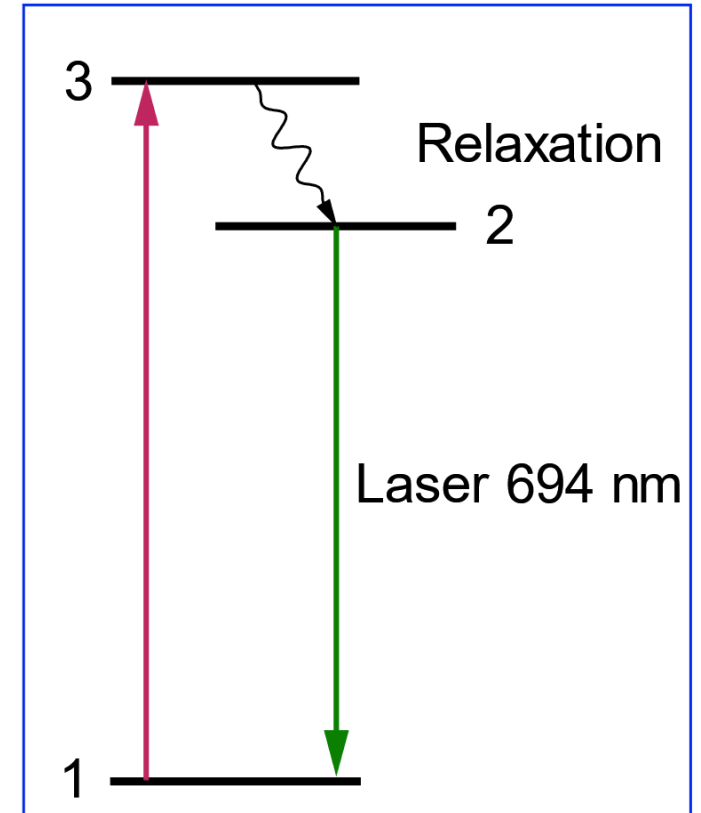
# Dimeren Laser 3-Niveau Laser



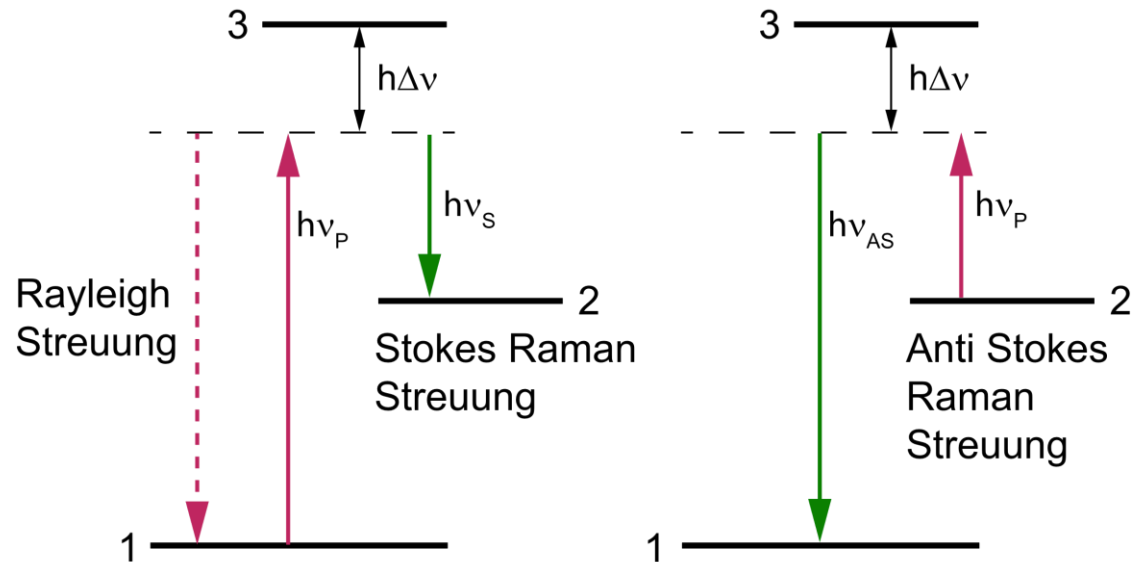
# "normale" Laser 4-Niveau Laser



# Rubinlaser 3-Niveau Laser



# Der Raman Prozess

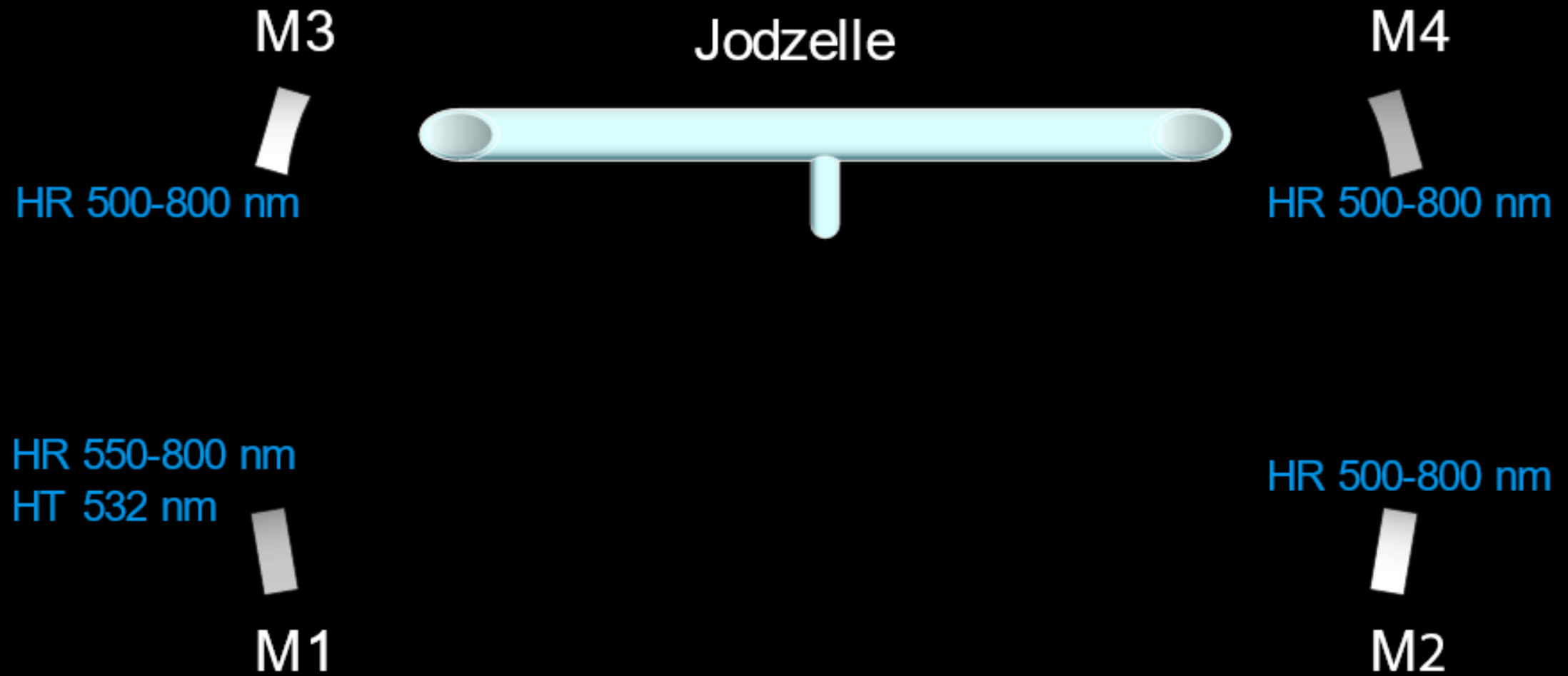


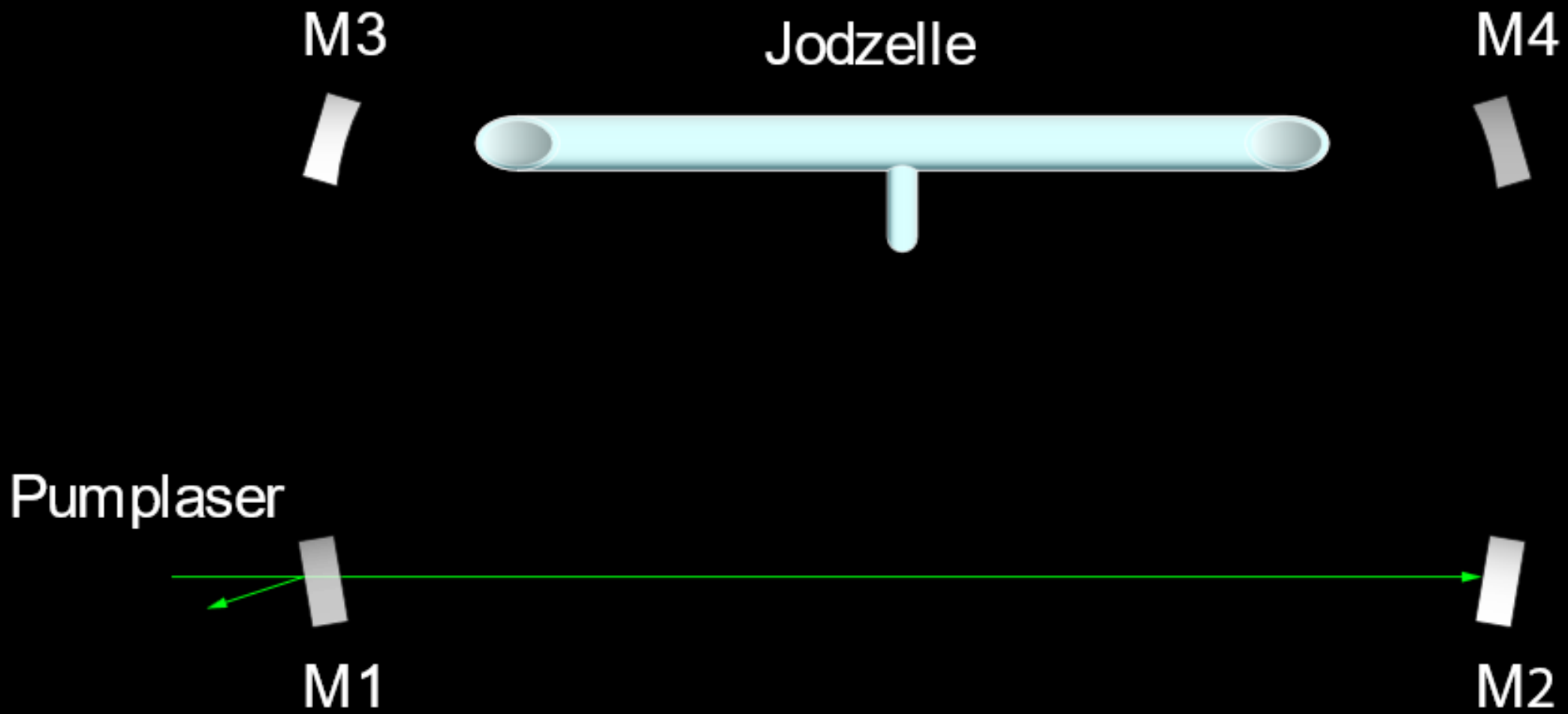
- Nichtlinearer Streuprozess
- Zweiphotonenprozess, simultane Absorption-Absorption
- Möglich in allen Medien
- Kein Laser erforderlich
- Kohärente Kopplung zweier Strahlungsfelder
- Mit Pumplaser kohärente Verstärkung ohne Inversion möglich
- Bedeutende Anwendungen in Spektroskopie, Stoffanalyse, Frequenzkonversion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

1928 in Flüssigkeiten entdeckt  
1930 Nobelpreis für Physik

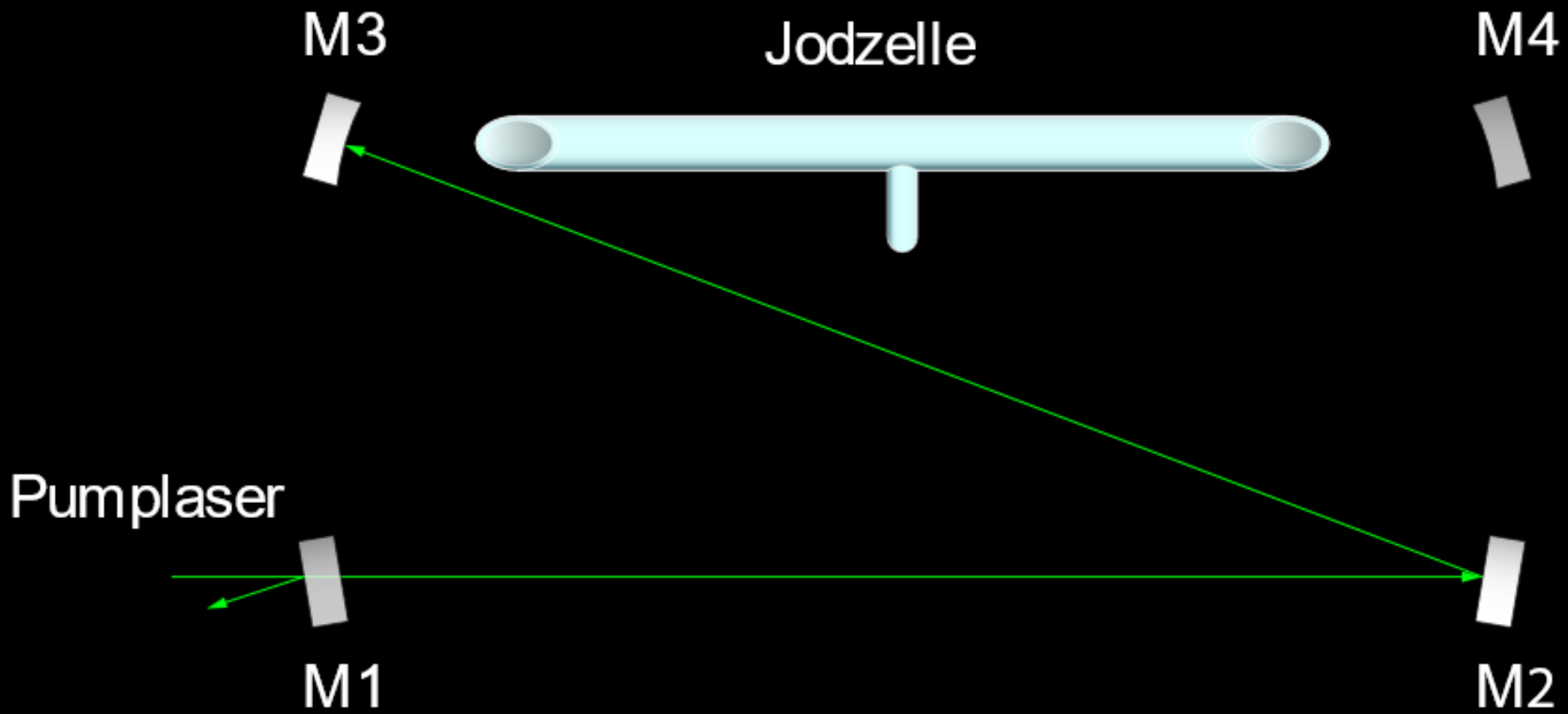


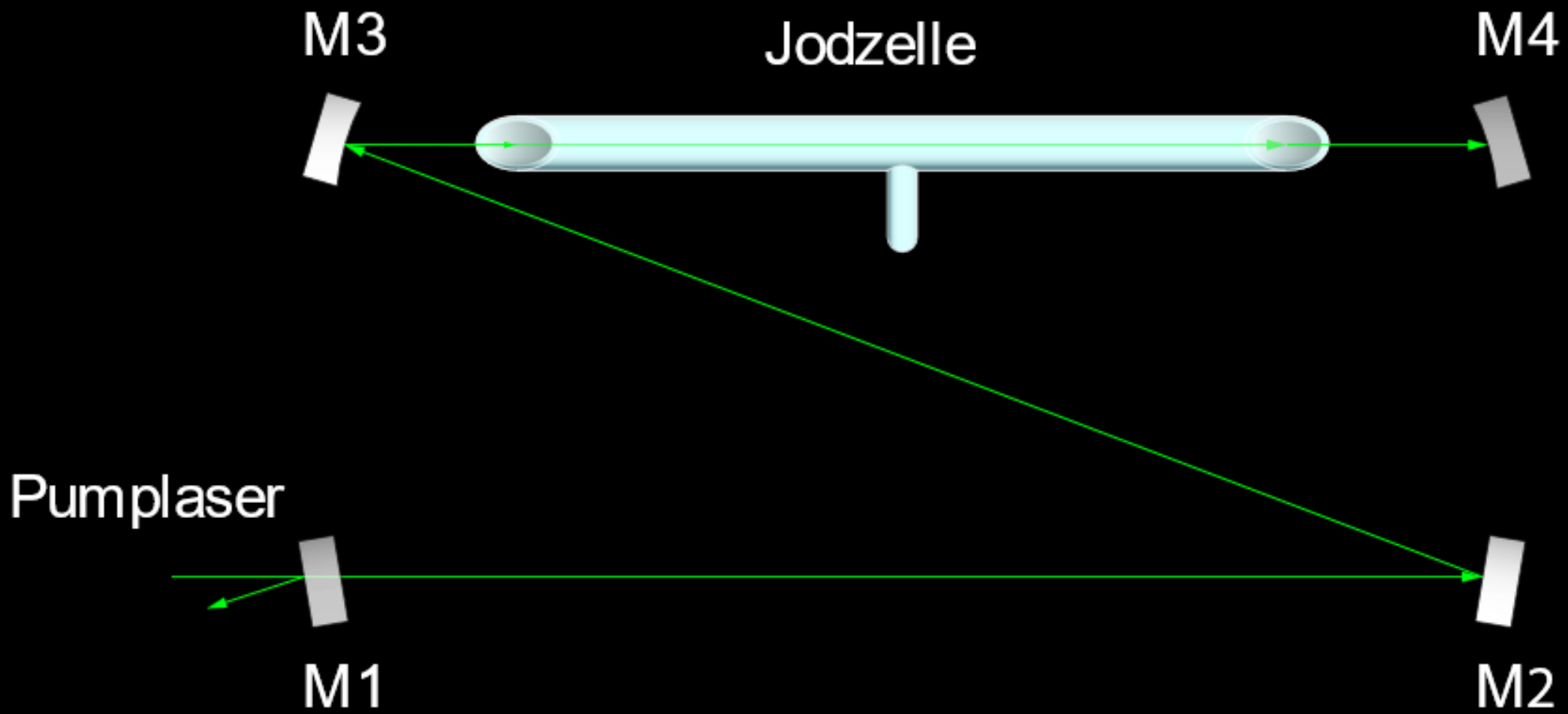
Sir Chandrasekhara  
Venkata Raman

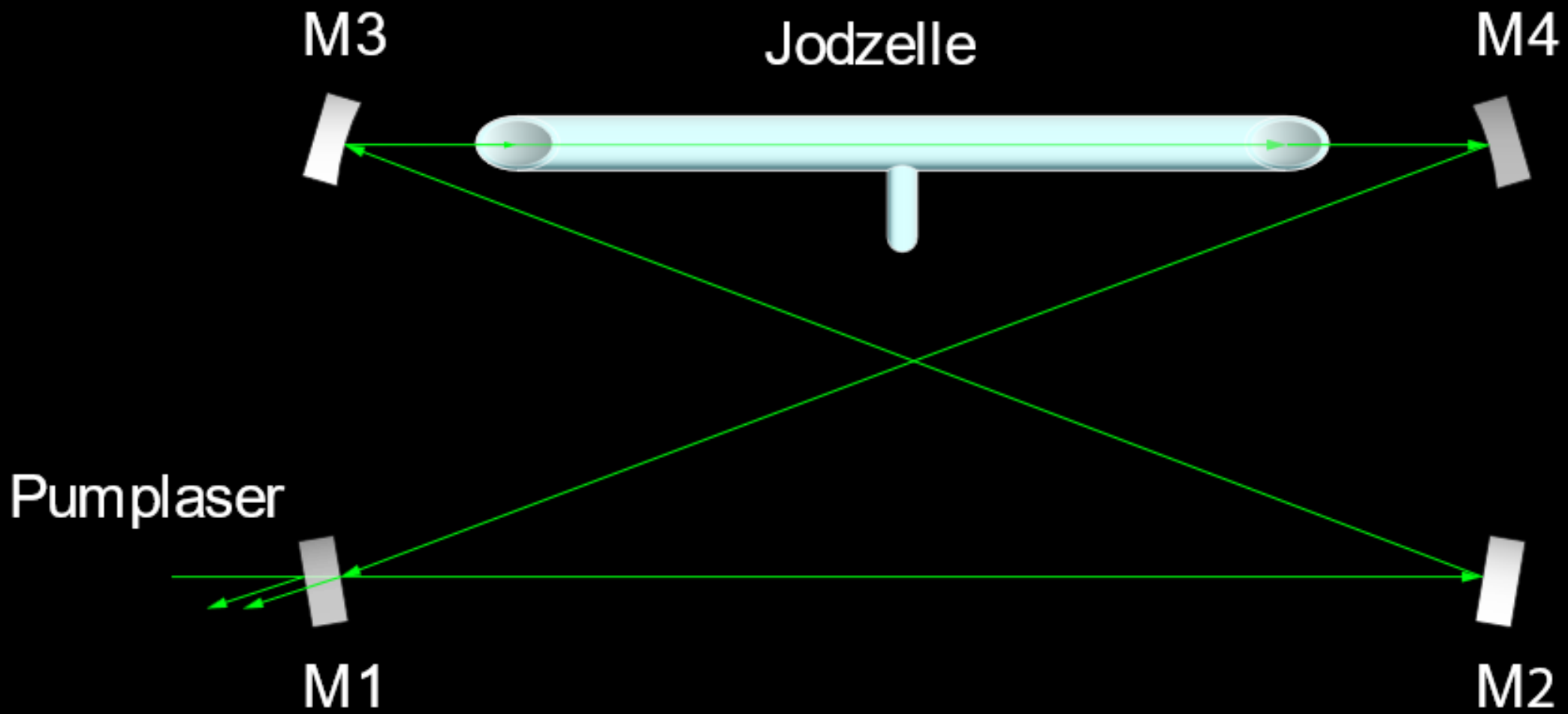


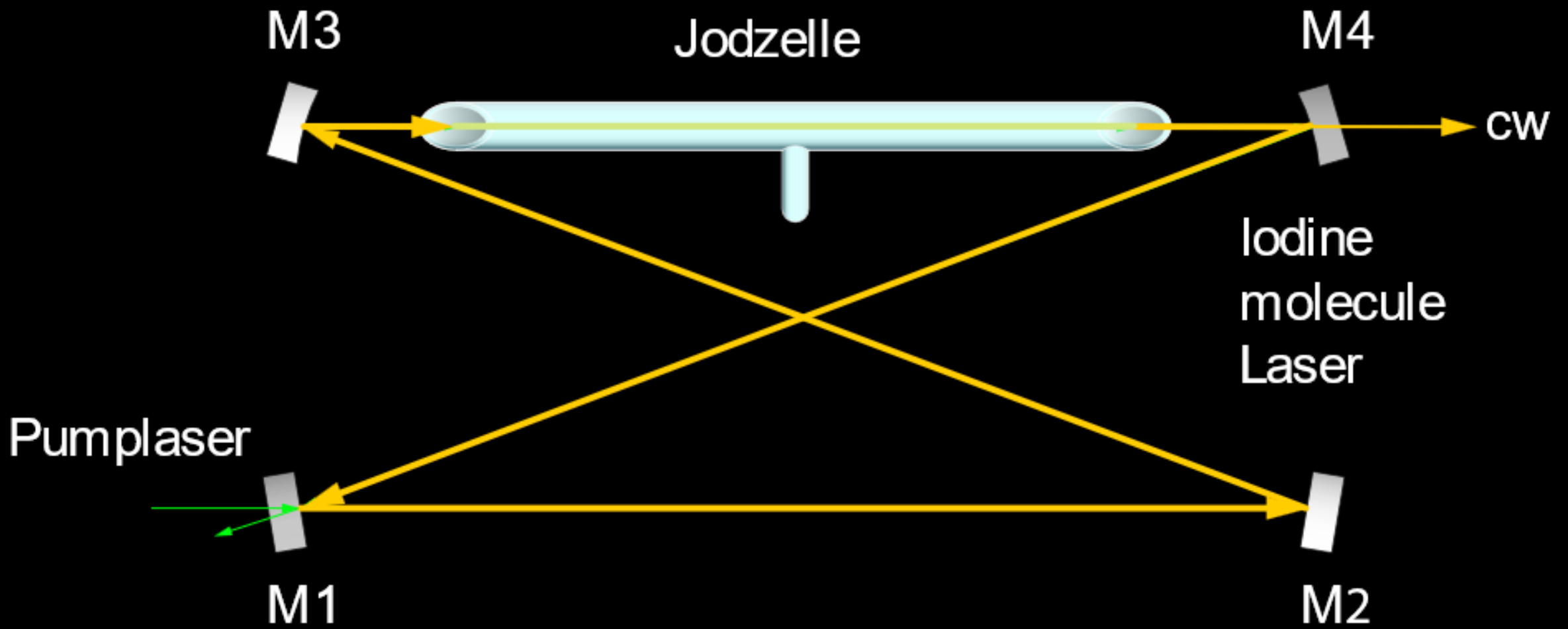












# Lehrpreis 2022 der DPG-Arbeitsgemeinschaft Physikalische Praktika

Unser besonderer Dank geht an:

- Prof. Dr. Ilja Rückmann, Dr. Peter Schaller und den Mitgliedern der Lehrmittel Kommission: Sie haben sehr früh das Potenzial dieses neuen Praktikumsversuches erkannt und gefördert.
- Dr. Thomas Franke und seiner Gruppe für die Evaluation und Gutachten des Jod Raman Lasers, Insbesondere auch der Untersuchungen der Laseroszillation auf Hyperfeinstrukturen
- Der Gruppe von Prof. Dr. Dieter Meschede für deren Gutachten, auch im Hinblick auf die Verwendung in der Vorlesung
- Weitere Jod Raman Laser sind im Einsatz an der TU Braunschweig und des Instituts für Innovationen in Abu Dhabi  
und:

Mit Freude erwähnen wir den Kommentar des Nobelpreisträgers Ted Hänsch:

*„Lieber Herr Luhs,*

*Inzwischen konnte ich selbst etwas mit dem neuen Jod-Spektroskopie Experiment arbeiten, und ich bin davon begeistert Ich werde das Experiment gerne verschiedenen Kollegen empfehlen...*

*Mit vielen Grüßen,*

*Ihr Theo Hänsch“*