

## Versuch: Spektroskopie

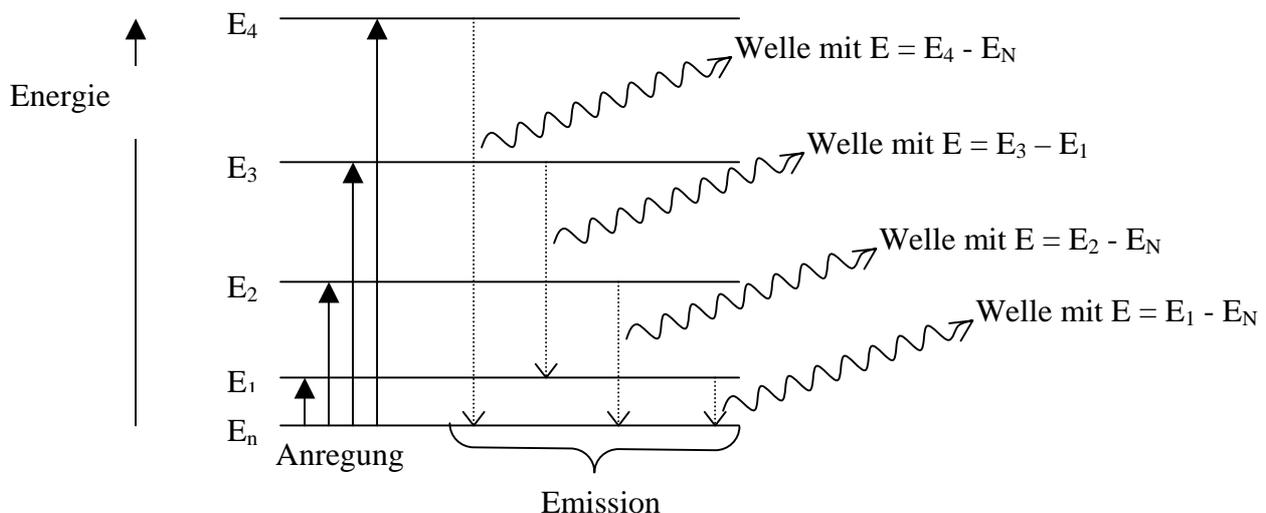
### Fragestellung

Zwei unbekannte Lösungen von Salzen sollen qualitativ bestimmt werden. Als Referenz dienen bekannte Lösungen, die  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Sr}^+$ ,  $\text{Li}^+$  und  $\text{Ba}^+$  Ionen enthalten. Beide unbekanntes Lösungen enthalten jeweils zwei dieser Ionen. Zur qualitativen Bestimmung soll die Spektroskopie mit sog. Handspektroskopen benutzt werden.

### Physikalische Grundlagen

Werden Atome oder Ionen angeregt, so emittieren sie elektromagnetische Wellen. Da diese Emission durch verschiedene Energieniveaus der Elektronen in der Atomhülle stattfindet, haben einfache Atome oder Ionen ein gewisses Emissionsspektrum anhand derer sie eindeutig zu identifizieren sind. Im Falle der gewählten Ionen liegt ein Teil dieses Spektrums in der Wellenlänge des sichtbaren Lichts.

Genauer wird ein oder mehr Elektronen in einen höheren Energiezustand gehoben. Da dieser Zustand energetisch nicht günstig ist, fallen die Orbitalen auf ihren normalen Energiezustand zurück. Die dabei frei werdende Energie wird als sogenannte Emissionsstrahlung (elektromagnetische Wellen) freigesetzt. Da es für ein Elektron nicht nur ein energetisch höher gelegenes Niveau gibt, entstehen während der Anregung viele verschiedene Wellenlängen. Allerdings sind die entstandenen Wellenlängen oder die Energien der emittierten Wellen diskret, also auf einzelne Wellenlängen begrenzt.



Die Energie eines Elektrons nimmt von unten nach oben zu. Der Energiezustand  $E_n$  ist der Normalzustand eines Elektrons. Die höheren Energien, die von einem Elektron angenommen werden können, sind aber nicht stabil. So fällt das Elektron auf den normalen Energiezustand zurück. Die dabei frei werdende Energie wird als elektromagnetische Strahlung emittiert. Aber auch der Abfall eines Elektrons von einem Energieniveau auf das nächste oder das übernächste ist möglich. Die Abstände der Energieniveaus sind von Element zu Element unterschiedlich. Auch das ein- oder mehrfache Ion eines Stoffes hat andere Niveaus, die ein Elektron einnehmen kann.

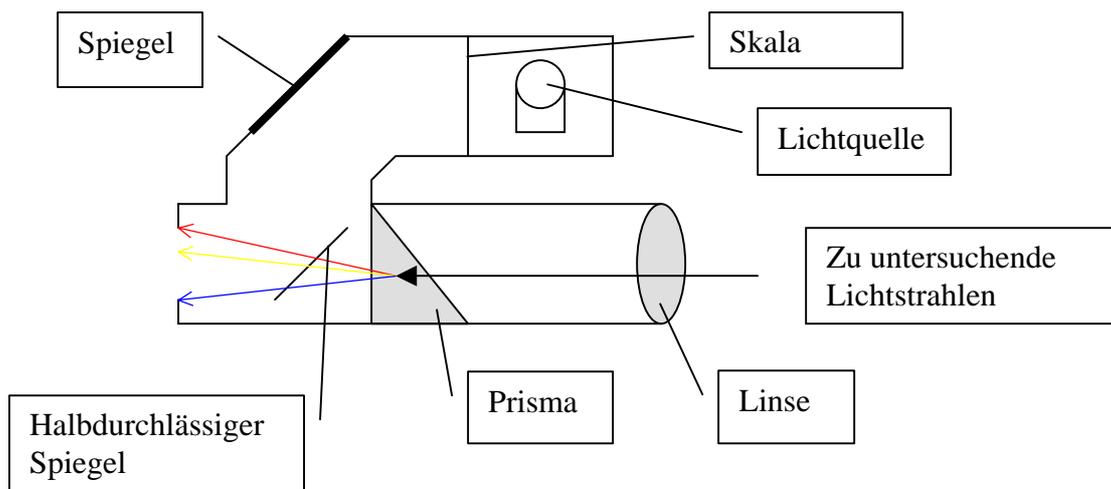
Die Anregung der Stoffe kann nahezu jede beliebige Energie sein. Im Versuch soll die Anregung der Elektronen mit thermischer Energie erfolgen. Allerdings ist die Entstehung von Röntgenstrahlen nach dem gleichen Prinzip zu erklären. Allerdings erfolgt die Anregung beim Röntgenspektrum durch einen Elektronenstrahl, der auf einer Eisenplatte abgebremst wird. Deshalb wird das Röntgenspektrum oft auch Bremspektrum genannt.

## Technische Grundlagen

Die Messung der emittierten Energie erfolgt im Versuch anhand der Wellenlänge des auftretenden Lichts. Dazu wird ein sogenanntes Handspektroskop benutzt.

Kurz zur Funktion:

Durch eine Linse wird ein einfallender Lichtstrahl gebündelt und durch ein Prisma, durch die unterschiedliche Brechung verschiedener Wellenlängen, aufgespaltet. Fällt nur Licht einer gewissen Wellenlänge durch das Spektroskop so sind sogenannte Spektrallinien zu erkennen. Anhand der verschiedenen Spektrallinien kann man die Wellenlänge mit einer eingeblendeten Skala ablesen. Die Skala wird mit einem halbdurchlässigen Spiegel auf die entstandenen Spektrallinien projiziert.



Mit dieser Vorrichtung kann allerdings nur die Qualität des einfallenden Lichts untersucht werden. Für eine quantitative Untersuchung der Lichtstrahlen muss auf die Technik (Photodiode) zurückgegriffen werden, da das menschliche Auge bestimmte Lichtwellen besser wahrnimmt als andere und so eine Bestimmung mit dem Auge nicht möglich ist.

## Durchführung

Die verschiedenen Ionen, jeweils in wässriger Lösung werden an einem Metallstab in eine Flamme gehalten. Aus der unterschiedlichen Flammenfärbung wird mit Hilfe des Handspektroskops die Wellenlängen der emittierten Lichtstrahlen mit folgendem Ergebnis untersucht:

Stoff	Wellenlängen [nm]
Na <sup>+</sup>	~589
Ca <sup>+</sup>	~850, ~854, ~845, ~842, ~840, ~838, ~836, ~834, ~832, ~830, ~828, ~826, ~824, ~822, ~820, ~818, ~816, ~814, ~812, ~810, ~808, ~806, ~804, ~802, ~800, ~798, ~796, ~794, ~792, ~790, ~788, ~786, ~784, ~782, ~780, ~778, ~776, ~774, ~772, ~770, ~768, ~766, ~764, ~762, ~760, ~758, ~756, ~754, ~752, ~750, ~748, ~746, ~744, ~742, ~740, ~738, ~736, ~734, ~732, ~730, ~728, ~726, ~724, ~722, ~720, ~718, ~716, ~714, ~712, ~710, ~708, ~706, ~704, ~702, ~700
Sr <sup>+</sup>	~460, ~467, ~475, ~483, ~491, ~499, ~507, ~515, ~523, ~531, ~539, ~547, ~555, ~563, ~571, ~579, ~587, ~595, ~603, ~611, ~619, ~627, ~635, ~643, ~651, ~659, ~667, ~675, ~683, ~691, ~699, ~707, ~715, ~723, ~731, ~739, ~747, ~755, ~763, ~771, ~779, ~787, ~795, ~803, ~811, ~819, ~827, ~835, ~843, ~851, ~859, ~867, ~875, ~883, ~891, ~899, ~907, ~915, ~923, ~931, ~939, ~947, ~955, ~963, ~971, ~979, ~987, ~995, ~1003, ~1011, ~1019, ~1027, ~1035, ~1043, ~1051, ~1059, ~1067, ~1075, ~1083, ~1091, ~1099, ~1107, ~1115, ~1123, ~1131, ~1139, ~1147, ~1155, ~1163, ~1171, ~1179, ~1187, ~1195, ~1203, ~1211, ~1219, ~1227, ~1235, ~1243, ~1251, ~1259, ~1267, ~1275, ~1283, ~1291, ~1299, ~1307, ~1315, ~1323, ~1331, ~1339, ~1347, ~1355, ~1363, ~1371, ~1379, ~1387, ~1395, ~1403, ~1411, ~1419, ~1427, ~1435, ~1443, ~1451, ~1459, ~1467, ~1475, ~1483, ~1491, ~1499, ~1507, ~1515, ~1523, ~1531, ~1539, ~1547, ~1555, ~1563, ~1571, ~1579, ~1587, ~1595, ~1603, ~1611, ~1619, ~1627, ~1635, ~1643, ~1651, ~1659, ~1667, ~1675, ~1683, ~1691, ~1699, ~1707, ~1715, ~1723, ~1731, ~1739, ~1747, ~1755, ~1763, ~1771, ~1779, ~1787, ~1795, ~1803, ~1811, ~1819, ~1827, ~1835, ~1843, ~1851, ~1859, ~1867, ~1875, ~1883, ~1891, ~1899, ~1907, ~1915, ~1923, ~1931, ~1939, ~1947, ~1955, ~1963, ~1971, ~1979, ~1987, ~1995, ~2003, ~2011, ~2019, ~2027, ~2035, ~2043, ~2051, ~2059, ~2067, ~2075, ~2083, ~2091, ~2099, ~2107, ~2115, ~2123, ~2131, ~2139, ~2147, ~2155, ~2163, ~2171, ~2179, ~2187, ~2195, ~2203, ~2211, ~2219, ~2227, ~2235, ~2243, ~2251, ~2259, ~2267, ~2275, ~2283, ~2291, ~2299, ~2307, ~2315, ~2323, ~2331, ~2339, ~2347, ~2355, ~2363, ~2371, ~2379, ~2387, ~2395, ~2403, ~2411, ~2419, ~2427, ~2435, ~2443, ~2451, ~2459, ~2467, ~2475, ~2483, ~2491, ~2499, ~2507, ~2515, ~2523, ~2531, ~2539, ~2547, ~2555, ~2563, ~2571, ~2579, ~2587, ~2595, ~2603, ~2611, ~2619, ~2627, ~2635, ~2643, ~2651, ~2659, ~2667, ~2675, ~2683, ~2691, ~2699, ~2707, ~2715, ~2723, ~2731, ~2739, ~2747, ~2755, ~2763, ~2771, ~2779, ~2787, ~2795, ~2803, ~2811, ~2819, ~2827, ~2835, ~2843, ~2851, ~2859, ~2867, ~2875, ~2883, ~2891, ~2899, ~2907, ~2915, ~2923, ~2931, ~2939, ~2947, ~2955, ~2963, ~2971, ~2979, ~2987, ~2995, ~3003, ~3011, ~3019, ~3027, ~3035, ~3043, ~3051, ~3059, ~3067, ~3075, ~3083, ~3091, ~3099, ~3107, ~3115, ~3123, ~3131, ~3139, ~3147, ~3155, ~3163, ~3171, ~3179, ~3187, ~3195, ~3203, ~3211, ~3219, ~3227, ~3235, ~3243, ~3251, ~3259, ~3267, ~3275, ~3283, ~3291, ~3299, ~3307, ~3315, ~3323, ~3331, ~3339, ~3347, ~3355, ~3363, ~3371, ~3379, ~3387, ~3395, ~3403, ~3411, ~3419, ~3427, ~3435, ~3443, ~3451, ~3459, ~3467, ~3475, ~3483, ~3491, ~3499, ~3507, ~3515, ~3523, ~3531, ~3539, ~3547, ~3555, ~3563, ~3571, ~3579, ~3587, ~3595, ~3603, ~3611, ~3619, ~3627, ~3635, ~3643, ~3651, ~3659, ~3667, ~3675, ~3683, ~3691, ~3699, ~3707, ~3715, ~3723, ~3731, ~3739, ~3747, ~3755, ~3763, ~3771, ~3779, ~3787, ~3795, ~3803, ~3811, ~3819, ~3827, ~3835, ~3843, ~3851, ~3859, ~3867, ~3875, ~3883, ~3891, ~3899, ~3907, ~3915, ~3923, ~3931, ~3939, ~3947, ~3955, ~3963, ~3971, ~3979, ~3987, ~3995, ~4003, ~4011, ~4019, ~4027, ~4035, ~4043, ~4051, ~4059, ~4067, ~4075, ~4083, ~4091, ~4099, ~4107, ~4115, ~4123, ~4131, ~4139, ~4147, ~4155, ~4163, ~4171, ~4179, ~4187, ~4195, ~4203, ~4211, ~4219, ~4227, ~4235, ~4243, ~4251, ~4259, ~4267, ~4275, ~4283, ~4291, ~4299, ~4307, ~4315, ~4323, ~4331, ~4339, ~4347, ~4355, ~4363, ~4371, ~4379, ~4387, ~4395, ~4403, ~4411, ~4419, ~4427, ~4435, ~4443, ~4451, ~4459, ~4467, ~4475, ~4483, ~4491, ~4499, ~4507, ~4515, ~4523, ~4531, ~4539, ~4547, ~4555, ~4563, ~4571, ~4579, ~4587, ~4595, ~4603, ~4611, ~4619, ~4627, ~4635, ~4643, ~4651, ~4659, ~4667, ~4675, ~4683, ~4691, ~4699, ~4707, ~4715, ~4723, ~4731, ~4739, ~4747, ~4755, ~4763, ~4771, ~4779, ~4787, ~4795, ~4803, ~4811, ~4819, ~4827, ~4835, ~4843, ~4851, ~4859, ~4867, ~4875, ~4883, ~4891, ~4899, ~4907, ~4915, ~4923, ~4931, ~4939, ~4947, ~4955, ~4963, ~4971, ~4979, ~4987, ~4995, ~5003, ~5011, ~5019, ~5027, ~5035, ~5043, ~5051, ~5059, ~5067, ~5075, ~5083, ~5091, ~5099, ~5107, ~5115, ~5123, ~5131, ~5139, ~5147, ~5155, ~5163, ~5171, ~5179, ~5187, ~5195, ~5203, ~5211, ~5219, ~5227, ~5235, ~5243, ~5251, ~5259, ~5267, ~5275, ~5283, ~5291, ~5299, ~5307, ~5315, ~5323, ~5331, ~5339, ~5347, ~5355, ~5363, ~5371, ~5379, ~5387, ~5395, ~5403, ~5411, ~5419, ~5427, ~5435, ~5443, ~5451, ~5459, ~5467, ~5475, ~5483, ~5491, ~5499, ~5507, ~5515, ~5523, ~5531, ~5539, ~5547, ~5555, ~5563, ~5571, ~5579, ~5587, ~5595, ~5603, ~5611, ~5619, ~5627, ~5635, ~5643, ~5651, ~5659, ~5667, ~5675, ~5683, ~5691, ~5699, ~5707, ~5715, ~5723, ~5731, ~5739, ~5747, ~5755, ~5763, ~5771, ~5779, ~5787, ~5795, ~5803, ~5811, ~5819, ~5827, ~5835, ~5843, ~5851, ~5859, ~5867, ~5875, ~5883, ~5891, ~5899, ~5907, ~5915, ~5923, ~5931, ~5939, ~5947, ~5955, ~5963, ~5971, ~5979, ~5987, ~5995, ~6003, ~6011, ~6019, ~6027, ~6035, ~6043, ~6051, ~6059, ~6067, ~6075, ~6083, ~6091, ~6099, ~6107, ~6115, ~6123, ~6131, ~6139, ~6147, ~6155, ~6163, ~6171, ~6179, ~6187, ~6195, ~6203, ~6211, ~6219, ~6227, ~6235, ~6243, ~6251, ~6259, ~6267, ~6275, ~6283, ~6291, ~6299, ~6307, ~6315, ~6323, ~6331, ~6339, ~6347, ~6355, ~6363, ~6371, ~6379, ~6387, ~6395, ~6403, ~6411, ~6419, ~6427, ~6435, ~6443, ~6451, ~6459, ~6467, ~6475, ~6483, ~6491, ~6499, ~6507, ~6515, ~6523, ~6531, ~6539, ~6547, ~6555, ~6563, ~6571, ~6579, ~6587, ~6595, ~6603, ~6611, ~6619, ~6627, ~6635, ~6643, ~6651, ~6659, ~6667, ~6675, ~6683, ~6691, ~6699, ~6707, ~6715, ~6723, ~6731, ~6739, ~6747, ~6755, ~6763, ~6771, ~6779, ~6787, ~6795, ~6803, ~6811, ~6819, ~6827, ~6835, ~6843, ~6851, ~6859, ~6867, ~6875, ~6883, ~6891, ~6899, ~6907, ~6915, ~6923, ~6931, ~6939, ~6947, ~6955, ~6963, ~6971, ~6979, ~6987, ~6995, ~7003, ~7011, ~7019, ~7027, ~7035, ~7043, ~7051, ~7059, ~7067, ~7075, ~7083, ~7091, ~7099, ~7107, ~7115, ~7123, ~7131, ~7139, ~7147, ~7155, ~7163, ~7171, ~7179, ~7187, ~7195, ~7203, ~7211, ~7219, ~7227, ~7235, ~7243, ~7251, ~7259, ~7267, ~7275, ~7283, ~7291, ~7299, ~7307, ~7315, ~7323, ~7331, ~7339, ~7347, ~7355, ~7363, ~7371, ~7379, ~7387, ~7395, ~7403, ~7411, ~7419, ~7427, ~7435, ~7443, ~7451, ~7459, ~7467, ~7475, ~7483, ~7491, ~7499, ~7507, ~7515, ~7523, ~7531, ~7539, ~7547, ~7555, ~7563, ~7571, ~7579, ~7587, ~7595, ~7603, ~7611, ~7619, ~7627, ~7635, ~7643, ~7651, ~7659, ~7667, ~7675, ~7683, ~7691, ~7699, ~7707, ~7715, ~7723, ~7731, ~7739, ~7747, ~7755, ~7763, ~7771, ~7779, ~7787, ~7795, ~7803, ~7811, ~7819, ~7827, ~7835, ~7843, ~7851, ~7859, ~7867, ~7875, ~7883, ~7891, ~7899, ~7907, ~7915, ~7923, ~7931, ~7939, ~7947, ~7955, ~7963, ~7971, ~7979, ~7987, ~7995, ~8003, ~8011, ~8019, ~8027, ~8035, ~8043, ~8051, ~8059, ~8067, ~8075, ~8083, ~8091, ~8099, ~8107, ~8115, ~8123, ~8131, ~8139, ~8147, ~8155, ~8163, ~8171, ~8179, ~8187, ~8195, ~8203, ~8211, ~8219, ~8227, ~8235, ~8243, ~8251, ~8259, ~8267, ~8275, ~8283, ~8291, ~8299, ~8307, ~8315, ~8323, ~8331, ~8339, ~8347, ~8355, ~8363, ~8371, ~8379, ~8387, ~8395, ~8403, ~8411, ~8419, ~8427, ~8435, ~8443, ~8451, ~8459, ~8467, ~8475, ~8483, ~8491, ~8499, ~8507, ~8515, ~8523, ~8531, ~8539, ~8547, ~8555, ~8563, ~8571, ~8579, ~8587, ~8595, ~8603, ~8611, ~8619, ~8627, ~8635, ~8643, ~8651, ~8659, ~8667, ~8675, ~8683, ~8691, ~8699, ~8707, ~8715, ~8723, ~8731, ~8739, ~8747, ~8755, ~8763, ~8771, ~8779, ~8787, ~8795, ~8803, ~8811, ~8819, ~8827, ~8835, ~8843, ~8851, ~8859, ~8867, ~8875, ~8883, ~8891, ~8899, ~8907, ~8915, ~8923, ~8931, ~8939, ~8947, ~8955, ~8963, ~8971, ~8979, ~8987, ~8995, ~9003, ~9011, ~9019, ~9027, ~9035, ~9043, ~9051, ~9059, ~9067, ~9075, ~9083, ~9091, ~9099, ~9107, ~9115, ~9123, ~9131, ~9139, ~9147, ~9155, ~9163, ~9171, ~9179, ~9187, ~9195, ~9203, ~9211, ~9219, ~9227, ~9235, ~9243, ~9251, ~9259, ~9267, ~9275, ~9283, ~9291, ~9299, ~9307, ~9315, ~9323, ~9331, ~9339, ~9347, ~9355, ~9363, ~9371, ~9379, ~9387, ~9395, ~9403, ~9411, ~9419, ~9427, ~9435, ~9443, ~9451, ~9459, ~9467, ~9475, ~9483, ~9491, ~9499, ~9507, ~9515, ~9523, ~9531, ~9539, ~9547, ~9555, ~9563, ~9571, ~9579, ~9587, ~9595, ~9603, ~9611, ~9619, ~9627, ~9635, ~9643, ~9651, ~9659, ~9667, ~9675, ~9683, ~9691, ~9699, ~9707, ~9715, ~9723, ~9731, ~9739, ~9747, ~9755, ~9763, ~9771, ~9779, ~9787, ~9795, ~9803, ~9811, ~9819, ~9827, ~9835, ~9843, ~9851, ~9859, ~9867, ~9875, ~9883, ~9891, ~9899, ~9907, ~9915, ~9923, ~9931, ~9939, ~9947, ~9955, ~9963, ~9971, ~9979, ~9987, ~9995, ~10003, ~10011, ~10019, ~10027, ~10035, ~10043, ~10051, ~10059, ~10067, ~10075, ~10083, ~10091, ~10099, ~10107, ~10115, ~10123, ~10131, ~10139, ~10147, ~10155, ~10163, ~10171, ~10179, ~10187, ~10195, ~10203, ~10211, ~10219, ~10227, ~10235, ~10243, ~10251, ~10259, ~10267, ~10275, ~10283, ~10291, ~10299, ~10307, ~10315, ~10323, ~10331, ~10339, ~10347, ~10355, ~10363, ~10371, ~10379, ~10387, ~10395, ~10403, ~10411, ~10419, ~10427, ~10435, ~10443, ~10451, ~10459, ~10467, ~10475, ~10483, ~10491, ~10499, ~10507, ~10515, ~10523, ~10531, ~10539, ~10547, ~10555, ~10563, ~10571, ~10579, ~10587, ~10595, ~10603, ~10611, ~10619, ~10627, ~10635, ~10643, ~10651, ~10659, ~10667, ~10675, ~10683, ~10691, ~10699, ~10707, ~10715, ~10723, ~10731, ~10739, ~10747, ~10755, ~10763, ~10771, ~10779, ~10787, ~10795, ~10803, ~10811, ~10819, ~10827, ~10835, ~10843, ~10851, ~10859, ~10867, ~10875, ~10883, ~10891, ~10899, ~10907, ~10915, ~10923, ~10931, ~10939, ~10947, ~10955, ~10963, ~10971, ~10979, ~10987, ~10995, ~11003, ~11011, ~11019, ~11027, ~11035, ~11043, ~11051, ~11059, ~11067, ~11075, ~11083, ~11091, ~11099, ~11107, ~11115, ~11123, ~11131, ~11139, ~11147, ~11155, ~11163, ~11171, ~11179, ~11187, ~11195, ~11203, ~11211, ~11219, ~11227, ~11235, ~11243, ~11251, ~11259, ~11267, ~11275, ~11283, ~11291, ~11299, ~11307, ~11315, ~11323, ~11331, ~11339, ~11347, ~11355, ~11363, ~11371, ~11379, ~11387, ~11395, ~11403, ~11411, ~11419, ~11427, ~11435, ~11443, ~11451, ~11459, ~11467, ~11475, ~11483, ~11491, ~11499, ~11507, ~11515, ~11523, ~11531, ~11539, ~11547, ~11555, ~11563, ~11571, ~11579, ~11587, ~11595, ~11603, ~11611, ~11619, ~11627, ~11635, ~11643, ~11651, ~11659, ~11667, ~11675, ~11683, ~11691, ~11699, ~11707, ~11715, ~11723, ~11731, ~11739, ~11747, ~11755, ~11763, ~11771, ~11779, ~11787, ~11795, ~11803, ~11811, ~11819, ~11827, ~11835, ~11843, ~11851, ~11859, ~11867, ~11875, ~11883, ~11891, ~11899, ~11907, ~11915, ~11923, ~11931, ~11939, ~11947, ~11955, ~11963, ~11971, ~11979, ~11987, ~11995, ~12003, ~12011, ~12019, ~12027, ~12035, ~12043, ~12051, ~12059, ~12067, ~12075, ~12083, ~12091, ~12099, ~12107, ~12115, ~12123, ~12131, ~12139, ~12147, ~12155, ~12163, ~12171, ~12179, ~12187, ~12195, ~12203, ~12211, ~12219, ~12227, ~12235, ~12243, ~12251, ~12259, ~12267, ~12275, ~12283, ~12291, ~12299, ~12307, ~12315, ~12323, ~12331, ~12339, ~12347, ~12355, ~12363, ~12371, ~12379, ~12387, ~12395, ~12403, ~12411, ~12419, ~12427, ~12435, ~12443, ~12451, ~12459, ~12467, ~12475, ~12483, ~12491, ~12499, ~12507, ~12515, ~12523, ~12531, ~12539, ~12547, ~12555, ~12563, ~12571, ~12579, ~12587, ~12595, ~12603, ~12611, ~12619, ~12627, ~12635, ~12643, ~12651, ~12659, ~12667, ~12675, ~12683, ~12691, ~12699, ~12707, ~12715, ~12723, ~12731, ~12739, ~12747, ~12755, ~12763, ~12771, ~12779, ~12787, ~12795, ~12803, ~12811, ~12819, ~12827, ~12835, ~12843, ~12851, ~12859, ~12867, ~12875, ~12883, ~12891, ~12899, ~12907, ~12915, ~12923, ~12931, ~12939, ~12947, ~12955, ~12963, ~12971, ~12979, ~12987, ~12995, ~13003, ~13011, ~13019, ~13027, ~13035, ~13043, ~13051, ~13059, ~13067, ~13075, ~13083, ~13091, ~13099, ~13107, ~13115, ~13123, ~13131, ~13139, ~13147, ~13155, ~13163, ~13171, ~13179, ~13187, ~13195, ~13203, ~13211, ~13219, ~13227, ~13235, ~13243, ~13251, ~13259, ~13267, ~13275, ~13283, ~13291, ~13299, ~13307, ~13315, ~13323, ~13331, ~13339, ~13347, ~13355, ~13363, ~13371, ~13379, ~13387, ~13395, ~13403, ~13411, ~13419, ~13427, ~13435, ~13443, ~13451, ~13459, ~13467, ~13475, ~13483, ~13491, ~13499, ~13507, ~13515, ~13523, ~13531, ~13539, ~13547, ~13555, ~13563, ~13571, ~13579, ~13587, ~13595, ~13603, ~13611, ~13619, ~13627, ~13635, ~13643, ~13651, ~13659, ~13667, ~13675, ~13683, ~13691, ~13699, ~13707, ~13715, ~13723, ~13731, ~13739, ~13747, ~13755, ~13763, ~13771, ~13779, ~13787, ~13795, ~13803, ~13811, ~13819, ~13827, ~13835, ~13843, ~13851, ~13859, ~13867, ~13875, ~13883, ~13891, ~13899, ~13907, ~13915, ~13923, ~13931, ~13939, ~13947, ~13955, ~13963, ~13971, ~13979, ~13987, ~13995, ~14003, ~14011, ~14019, ~14027, ~14035, ~14043, ~14051, ~14059, ~14067, ~14075, ~14083, ~14091, ~14099, ~14107, ~14115, ~14123, ~14131, ~14139, ~14147, ~14155, ~14163, ~14171, ~14179, ~14187, ~14195, ~14203, ~14211, ~14219, ~14227, ~14235, ~14243, ~14251, ~14259, ~14267, ~14275, ~14283, ~14291, ~14299, ~14307, ~14315, ~14323, ~14331, ~14339, ~14347, ~14355, ~14363, ~14371, ~14379, ~14387, ~14395, ~14403, ~14411, ~14419, ~14427, ~14435, ~14443, ~14451, ~14459, ~14467, ~14475, ~14483, ~14491, ~14499, ~14507, ~14515, ~14523, ~14531, ~14539, ~14547, ~14555, ~14563, ~14571, ~14579, ~14587, ~14595, ~14603, ~14611, ~14619, ~14627, ~14635, ~14643, ~14651, ~14659, ~14667

## **Auswertung**

Die Proben mit den einzelnen Ionen zeigen Spektrallinien. Für den jeweiligen Stoff sind diese Linien charakteristisch. Die Substanzen in der Probe X9 waren nach der Messung  $\text{Na}^+$  und  $\text{Sr}^+$  Ionen, was sich auch als richtig erwies. Für die Probe X10 waren die Stoffe  $\text{Na}^+$  und  $\text{Li}^+$  Ionen. Diese Messung war inkorrekt. Die eigentlichen Stoffe waren  $\text{Ba}^+$  und  $\text{Li}^+$  Ionen. Die Messengenauigkeit für diesen Versuch ist sehr hoch. Auch wenn sich die Spektrallinien der Stoffe weit gut unterscheiden lassen konnten wir keine kurzwelligen Strahlen, die eigentlich bei einigen Ionen hätten auftreten müssen, nachweisen. Das ist einerseits auf die relativ schlechte Optik der Handspektroskope, andererseits auf Verunreinigungen der Stoffe oder schon einer vorgefärbten Flamme (Ablagerungen im Bunsenbrenner, an den Metallstäben, etc..) zurückzuführen.