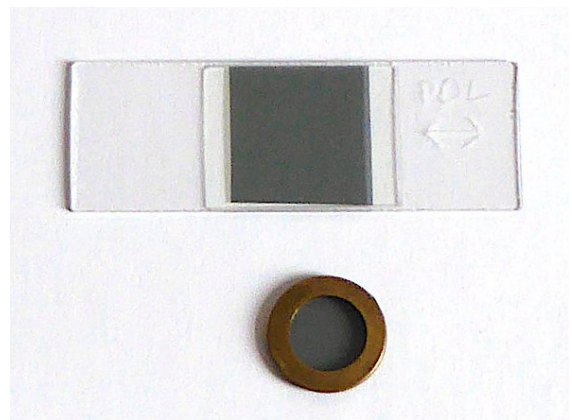


Polarisationskontrast am Kleinmikroskop „C“ (KMC)

Polarisationskontrast ist ein wichtiges mikroskopische Kontrastverfahren, mit dem man besonders bestimmte Kristalle oder kristallähnliche Strukturen wie Stärke oder Zellulose sehr gut sichtbar machen kann. Dazu muss je ein linear polarisierendes Filter (kurz: Polfilter) sowohl unterhalb als auch oberhalb des zu untersuchenden Objektes im Strahlengang platziert werden. Ein solches Filter lässt nur Licht, das in einer bestimmten Richtung schwingt, passieren. Andere Schwingungsrichtungen werden blockiert. Wenn man zwei solcher Filter hintereinander schaltet und sie so gegeneinander verdreht, dass ihre Schwingungsrichtungen 90 Grad zueinander liegen, kommt es zur kompletten Auslöschung, weil auf das hintere Filter nur Lichtwellen treffen, die in seiner Sperr-Richtung schwingen. Bringt man dazwischen aber ein Objekt, das die Schwingungsrichtung des Lichtes verändert, gelangt wieder Licht durch das hintere Filter. Das Objekt leuchtet vor dunklem Hintergrund. Das erste Filter nennt man *Polarisator*, das zweite *Analysator*

Das Zubehör zum Polarisationskontrast

besteht aus zwei Teilen, in denen jeweils ein Stück linear polarisierende Folie verarbeitet ist. Der Polarisator ist als Spezialobjektträger mit einer aufgeklebten Pol-Folie gestaltet, über die ein Deckglas geklebt wurde, um sie vor Zerkratzen zu schützen. Der Analysator besteht aus zwei runden Deckgläsern, die ebenfalls eine Polfolie schützen. Um diese dünnen Gläser vor dem Zerknicken zu schützen sind auf dessen Rändern wiederum je eine Unterlegscheibe aus Metall mit dem Durchmesser von 20mm geklebt. Die Präparate können sowohl direkt auf dem Spezialobjektträger gelegt werden, oder auf einem Deckglas oder einem zweiten Objektträger vorbereitet und über den Polarisator gelegt werden.



Polarisationseinrichtung für das KMC

Versuch 1: Wir halten die beiden Filter hintereinander vor eine Lichtquelle und schauen durch sie hindurch. Jetzt verdrehen wir die Filter gegeneinander. Das Bild wird abhängig von der Stellung zueinander mal hell und dann wieder dunkel.

Vorbereitung zum Mikroskopieren mit Polarisationskontrast:



Einwerfen des Analysators

Wir nehmen das Okular aus dem Ausziehtubus und stellen es auf seiner Unterseite ab. Das Okular sollte nicht auf der Seite abgelegt werden, da es so leicht vom Tisch rollen kann. Jetzt lassen wir den Analysator (das runde Polfilter) in den Tubus rutschen! Dabei müssen wir darauf achten, dass es flach auf der Blende im Tubus liegt. Das Okular wird wieder eingesetzt und die Beleuchtung wie üblich eingestellt. Erst dann wird der Polarisator auf den Objektisch gelegt und gegebenenfalls festgeklemmt. Das Kreuzen der beiden Filter geschieht durch Drehen des Ausziehtubus. Das geht am besten, wenn man ihn ein kleines Stück herauszieht. Wir drehen ihn bis maximale Auslöschung (Dunkelheit) erreicht ist. Diese Stellung nennt man *X-Pol*.

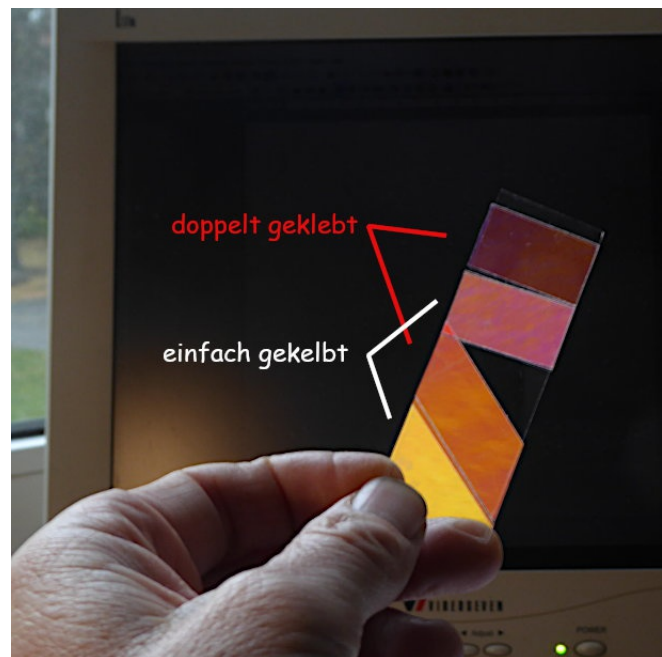
Nach dem Gebrauch sollte der Analysator wieder aus dem Tubus entfernt werden. Dazu wird das Okular herausgenommen und das Mikroskop mit einer Hand so gedreht, dass der Analysator aus dem Tubus direkt in die davor gehaltene Hand gleitet. Wir sollten vermeiden, die Glasflächen des Analysators mit den Fingern zu berühren, da die Fingerabdrücke das mikroskopische Bild trüben können. Sollten sich doch einmal Fingerabdrücke darauf befinden, können wir sie vorsichtig mit einem Wattestäbchen entfernen, das zuvor in etwas Wundbenzin aus der Apotheke getaucht wurde. So können wir auch eine stark verschmutzte Augenlinse des Okulares reinigen. Dabei wischen wir in kreisenden Bewegungen von der Mitte zum Rand. Schmutzreste, die am Rand haften bleiben, stören das mikroskopische Bild meist nicht.

Ein erstes Präparat für den Polarisationskontrast:

Wir geben einen Tropfen Wasser auf den Pol-Objektträger und legen mit der Pinzette einige wenige **Wattefäden** aus einem Wattebausch oder von einem Wattestäbchen hinein. Dann decken wir dieses Präparat mit einem Deckglas ab und legen es auf den Objektisch des Mikroskops. Dann stellen wir scharf und verdrehen nun den Tubus so, dass der Hintergrund der Fäden möglichst dunkel erscheint. Jetzt leuchten die Fäden vor schwarzem Hintergrund. Watte besteht aus Zellulose, diese wiederum aus verketteten Zuckermolekülen.

Ein weiteres Hilfsmittel können wir uns selber bauen, ein sogenanntes *Hilfsobjekt*. Dazu kleben wir Streifen aus glasklarem Klebeband in verschiedenen Richtungen über einen Objektträger. Man kann auch mit mehrfach übereinander geklebten Streifen experimentieren.

Versuch 2: Wir nehmen den Polarisator vom Objektisch und den Analysator wie oben beschrieben aus dem Mikroskop. Wir halten ihn mit einer Hand direkt vor unser Auge und betrachten durch ihn den leuchtenden Bildschirm eines Computers, am besten wenn dieser eine weiße Fläche zeigt (leere Seite eines Textprogramms). Jetzt verdrehen wir den Analysator langsam, bis der Bildschirm dunkel erscheint. Auch der Monitor des Computers arbeitet mit Polarisationsfolien und sendet deshalb polarisiertes Licht. Jetzt nehmen wir unser Hilfsobjekt in die andere Hand und halten es zwischen Bildschirm und Analysator. Die Klebebandstreifen leuchten je nach Ausrichtung in verschiedenen Farben, die sich verändert, wenn wir ihn etwas verdrehen. Auch wenn wir das Hilfsobjekt festhalten und den Analysator vor dem Auge drehen, verändern sich auch die Farben der Klebebandstreifen und gleichzeitig die Helligkeit des Bildschirms.

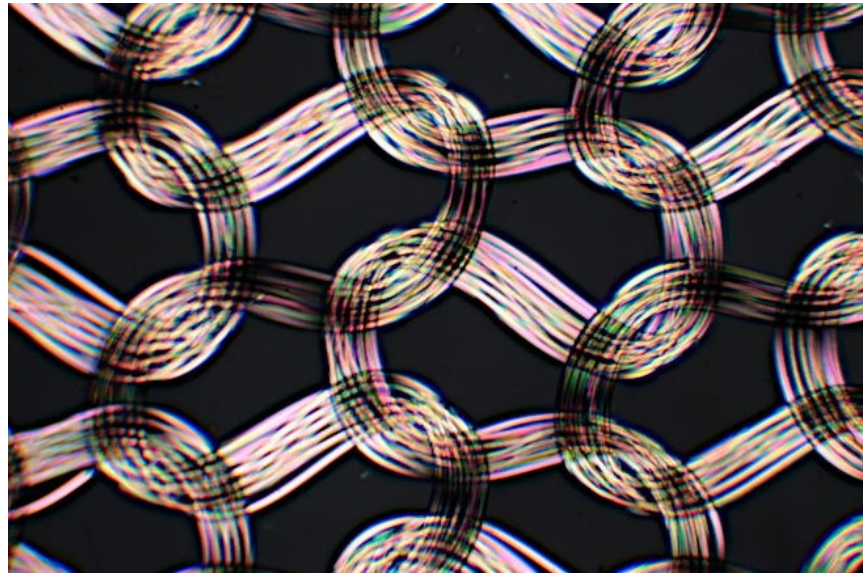


Klebebandstreifen auf einem Objektträger vor einem Bildschirm, fotografiert durch den Analysator

Versuch 3: Wir stellen wieder unser Mikroskop für den Polarisationskontrast ein. Und wiederholen den Versuch mit den Wattefäden. Dieses Mal halten wir anschließend unser Hilfsobjekt zwischen Präparat und Objektiv. Das Bild wird sofort unscharf, aber auch farbig. Wenn wir den Tubus mit dem Triebknopf etwas anheben, wird das Bild wieder scharf. Die Fäden leuchten jetzt in einer anderen Farbe auf farbigem statt dunklem Hintergrund. Durch drehen des Hilfsobjektes können wir die Farben verändern.

Weitere geeignete Objekte für den Polarisationskontrast:

Die meisten **Fasern**, auch Kunstfasern, sind gute Pol-Objekte. Durchscheinende Gewebe wie z.B. ein kleines Stück eines Damenstrumpfes, sind ebenfalls geeignet. Wenn wir schon so einen Strumpf zerschneiden (der vielleicht ohnehin schon kaputt war) sollten wir uns die verschiedenen Strumpfteile wie Schaft, Ferse oder Fußspitze ansehen, die auf unterschiedliche Weise oder mit unterschiedlich vielen Einzelfasern gestrickt sind.



Damenstrumpfhose im X-Pol

Ein weiteres interessantes Pol-Objekt ist **Kartoffelstärke**: Man teilt eine Kartoffel und schabt einmal mit der senkrecht gehaltenen Messerklinge über die Schnittfläche. Einen Tropfen des milchigen Saftes tropfen man auf den Pol-Objekträger und deckt wieder mit einem Deckglas ab. Die runden Stärkekörner zeigen das typische „Stärkekreuz“. Auch Stärke besteht aus verketteten Zuckermolekülen.

Manche Pflanzen lagern in bestimmten Zellen Kristalle ein. Ein Beispiel sind die Oxalatkristalle in der äußeren, schon getrockneten **Zwiebelschale**. Man schneidet ein kleines Stück einer gelben Zwiebelschale ab, das gut unter ein Deckglas passt. Wir decken es wieder zusammen mit einem Tropfen Wasser ein und betrachten es mit gekreuzten Polfiltern. Noch besser gelingt der Versuch, wenn wir statt Wasser Glycerin nehmen. Dadurch wird die Zwiebelschale etwas stärker aufgehellert und erscheint durchsichtiger.



Schuppe einer Regenbogenforelle im X-Pol

Auch viele tierische Körperteile haben optisch aktive Strukturen. Dazu zählen z.B. auch unsere eigenen **Haare** oder die anderer Säugetiere, aber auch **Fischschuppen**. Diese sollten für die mikroskopische Betrachtung möglichst klein sein, weil sich die größeren, steiferen und meist gewölbten Schuppen schwer unter ein Deckglas bringen lassen. Gut geeignet sind u. a. Forellenarten.

Das Haupteinsatzgebiet der Mikroskopie mit polarisiertem Licht sind aber echte **Kristalle**. So gibt es spezielle Polarisationsmikroskope zur Untersuchung von Gesteinsdünnschliffen. Die Herstellung solcher Schliffe ist sehr aufwendig. Wer der Möglichkeit hat welche auszuborgen, sollte diese unbedingt nutzen. Auch andere Dünnschliffe wie z.B. von **Knochen** oder **Nuss-Schalen** sind sehr interessant. Ihre Herstellung ist etwas einfacher als die von Gesteinen und auch mit Mitteln aus dem Baumarkt möglich. Sie ist aber dennoch so aufwendig, dass sie hier nicht beschrieben werden soll.

Ganz besonders beeindruckend ist es aber, Kristallen beim Wachen zuzusehen. Dazu löst man **Salze** in Wasser und lässt die Lösungen auskristallisieren. Das geht schon mit einfachem Kochsalz sehr gut, das kleine Würfel bildet. Allerdings leuchten diese Kristalle nicht im X-Pol. Sie gehören zum sogenannten „kubischen Kristallsystem“, deren Vertreter nicht *doppeltbrechend* sind. Die Vertreter der 6 weiteren Kristallsysteme zeigen aber diese Eigenschaft. Sie beruht



Coffein-Kristalle im X-Pol

darauf, dass ein Lichtstrahl in ihnen in zwei unterschiedliche Teilstrahlen aufgebrochen wird, die den Kristall in unterschiedlichen Winkeln und unterschiedlich schnell durchlaufen. Die beiden Teilstrahlen haben auch unterschiedliche Polarisationsrichtungen, was solche Kristalle zu guten Pol-Objekten macht.



Vitamin C im X-Pol

achten aber peinlich darauf, dass das Objektiv nicht in den Tropfen taucht. Am besten benutzt man nur die geringen Vergrößerungen bis 100fach, weil dabei der Abstand zwischen Objektiv und Objekt recht groß ist. Auch sollte das Mikroskop senkrecht stehen, damit der Tropfen nicht vom Objektträger läuft.

Wenn die Lösung weiter eintrocknet, sieht man wie die Kristalle durch das Bild wachsen. Man kann das aber auch wieder umkehren, indem man mit einer Pipette vorsichtig einen kleinen Tropfen Wasser an den Rand der eingetrockneten Substanz gibt. Oft geht das Auflösen der Kristalle so schnell, dass man sich mit dem Beobachten sehr beeilen muss. Man kann auch verschiedene Lösungen mischen und erhält dadurch oft wieder ganz andere Kristallformen.

Ein anderes Verfahren zur Gewinnung von Kristallen ist die trockene Destillation. Viele Stoffe gehen beim Erhitzen direkt ohne vorher zu schmelzen vom festen in den gasförmigen Zustand über (Fachbegriff dafür: Sublimation). An einem gekühlten Objektträger oder Deckglas kann der Stoff dann wieder auskristallisieren.

Besonders attraktive Kristalle bilden z.B. Zucker, Zitronensäure oder Vitamin C. Zur Beobachtung des Kristallwachstums gibt man einen Tropfen einer wässrigen Lösung auf den Polobjektträger und lässt diesen eintrocknen. Dazu kann man ihn durchaus auf die Heizung legen, aber keinesfalls mit einer Flamme erwärmen. Das würde die Pol-Folie zerstören oder ablösen. Wir beginnen die Mikroskopische Beobachtung, wenn sich eine erste zarte Kristallkruste am Rand des Tropfens bildet. Diesmal arbeiten wir ausnahmsweise ohne Deckglas,

Das geht z.B. mit **Coffein** sehr gut, das wir aus Kaffeepulver gewinnen können: Wir benötigen dazu ein kleines Metallgefäß, in dem wir das Kaffeepulver erhitzen können. Gut geeignet ist ein Kronkorken, den wir aber vor dem Gebrauch am besten im Freien gut ausglühen müssen, damit die Kunststoffdichtung nicht stinkend verbrennt, wenn wir das Kaffeepulver darin rösten. Am besten legt man ihn zum Ausglühen nach dem Grillen in die Restglut und holt ihn später mit einer Zange wieder heraus. Mit einer Lötlampe oder einem Campingkocher geht das Ausglühen auch sehr schnell.

Den eigentlichen Versuch sollten wir aber drinnen machen. Wir benötigen dazu neben einer Messerspitze voll Kaffeepulver noch eine Kerze und destilliertes Wasser. Wenn wir letzteres nicht zu Hand haben, reicht es, etwas Wasser in einem Topf zu erwärmen und einen Deckel drauf zu stülpen. An seine Innenseite kondensiert Wasserdampf und bildet immer dicker werdende Tropfen, die zusammenlaufen, wenn wir den Deckel schnell herumdrehen. Wir benötigen ja nur wenige Tropfen, die wir in eine Pipette ziehen. Jetzt haben wir alles was wir brauchen. Wir geben etwas Kaffeepulver in den ausgeglühten Kronkorken, so dass er maximal bis zur halben Höhe gefüllt ist und legen ein Deckglas darauf. Auf das Deckglas kommt ein Tropfen destilliertes Wasser (Leitungswasser enthält je nach Region mehr oder weniger viele Mineralien, die beim Eintrocknen selber Kristalle ausscheiden, die das Bild stören würden). Der Tropfen dient als Kühlung. Es ist deshalb eine gute Idee, wenn wir die Pipette mit dem destillierten Wasser zuvor im Kühlschrank gelagert haben. Wir entzünden eine Kerze oder ein Teelicht, greifen den Rand des Kronkorkens dort wo er nicht vom Deckglas bedeckt ist mit der Pinzette und halten unsere Trockendestillationsanlage in die Kerzenflamme. Das muss vorsichtig geschehen. Das Kaffeepulver darf nicht so stark erhitzt werden, dass es verkohlt, weil sich dann Teer bildet, der sich ebenfalls auf der Unterseite des Deckglases niederschlagen würde. Wir nehmen den Kronkorken deshalb immer wieder kurz aus der Flamme. Unterhalb des Wassertropfen bildet sich im Idealfall ein milchiger Niederschlag. Wenn das der Fall ist nehmen wir den Kronkorken aus dem Feuer und lassen ihn und auch das Deckglas kurz abkühlen. Der Tropfen destillierten Wassers wird, falls er nicht schon verdunstet ist, mit Filterpapier abgesogen. Nach dem Erkalten legen wir das Deckglas mit der beschlagenen Seite nach unten aber dieses Mal ohne Wasser auf den Polarisator und mikroskopieren wieder im X-Pol. Wir werden viele feine Nadeln aus reinem Coffein sehen. Sie sind recht unregelmäßig verteilt und es lohnt sich, nicht nur einen Abschnitt des Kristallbelages zu betrachten, sondern durch das Präparat zu „wandern“.



Sublimation von Coffein aus Kaffeepulver