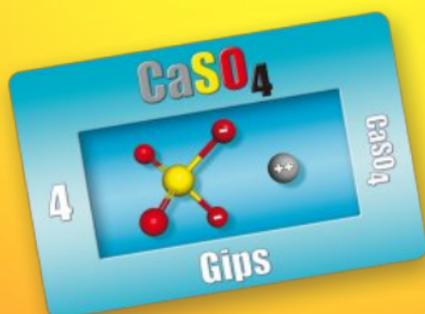


Chemix

Begleitbroschüre



Spielend Chemie lernen mit ChemiX, das ist das Ziel dieses Kartenspiels. Es wurde anlässlich des Internationalen Jahrs der Chemie (welches von der UNO für das Jahr 2011 deklariert wurde) konzipiert. Das Chemiespiel ist für Schülerinnen und Schüler, genauso aber auch für spielfreudige Leute ohne jegliche Chemiekenntnisse gedacht.

Chemie ist weit mehr als abstraktes Formellernen. Mit ChemiX kann man chemische Verbindungen auf spielerische Weise zusammenfügen, auflösen und verändern. Dabei wird klar, dass die Chemie ein abwechslungsreiches, lebensnahes, fächerübergreifendes und anschauliches Fachgebiet ist. Im Chemieunterricht sind genaue Kenntnisse von Fachbegriffen und das Verständnis der chemischen Formelsprache zwar wichtig, diese sind aber bei diesem Spiel nicht Voraussetzung. Das Spiel soll auch für leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler eine Chance sein für ein freudvolles und erfolgreiches Lernen.

Wer möchte, kann die Namen der wichtigsten chemischen Elemente und Verbindungen mit ChemiX spielerisch erlernen und die eigenen Kenntnisse anhand dieser Broschüre erweitern. Sie kann und will kein Chemiebuch ersetzen. Zusatzinformationen, die über das Spiel hinausgehen, finden Sie auf der Webseite **www.chemix.ch**.

Ein herzlicher Dank gebührt Frau Prof. Helma Wennemers für die wissenschaftliche Überprüfung der Inhalte.

Und nun wünschen wir allen viel Spass mit ChemiX!



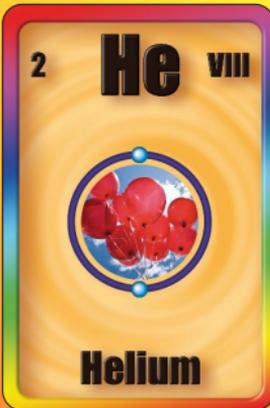
Wasserstoff
 lat. **Hydrogenium**
 (Wasserbildner)



Wasserstoff ist das leichteste und zugleich häufigste Element im Universum.

Molekularer Wasserstoff H_2 reagiert mit Sauerstoff unter Energieabgabe zu Wasser (Knallgasreaktion). Einsatz in Brennstoffzellen und als Raketentreibstoff. Früher wurde H_2 als Füllgas für Zeppeline verwendet (Hindenburg).

In gebundener Form kommt Wasserstoff in Wasser und organischen Verbindungen vor (vgl. Kohlenstoff). Die Energie aus der Verschmelzung von Wasserstoff zu Helium bringt unsere Sonne und alle Sterne zum Leuchten.



Helium
 altgr. **Helios**
 (Sonne)

Helium entsteht in der Sonne durch Fusion (Verschmelzung) von Wasserstoff. Dabei wird extrem viel Energie freigesetzt.

Helium ist das zweithäufigste Element im Universum.

Aufgrund seiner geringen Dichte wird es als Füllgas für Ballone und Zeppeline eingesetzt.



Kohlenstoff

lat. Carbo
(Holzkohle)

Reine Formen von Kohlenstoff sind Diamant und Graphit.

Graphit findet z.B. in Bleistiftminen Verwendung.

Gebunden kommt Kohlenstoff in Kohle, Erdöl, Erdgas und in allen organischen Verbindungen vor, z.B. in Kohlenhydraten, Fetten, Eiweißen oder Vitaminen. Die Verbrennung von Kohlenstoffverbindungen liefert Kohlendioxid (CO_2). Kohlendioxid erhöht den Treibhauseffekt in der Erdatmosphäre, ist aber auch lebensnotwendig für Pflanzen.



Stickstoff

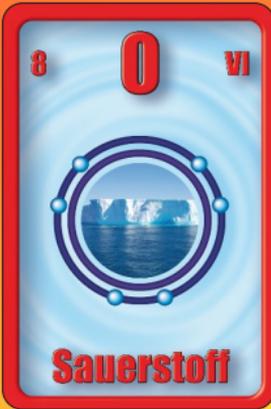
lat. Nitrogenium
(Laugensalzbildner)

Als N_2 -Molekül bildet Stickstoff den Hauptbestandteil von Luft (78%). Reiner Stickstoff "erstickt" das Feuer und führt in reiner Form beim Einatmen zum Erstickungstod bei Lebewesen.

In Verbindung mit Wasserstoff und Sauerstoff ist N ein wichtiger Bestandteil von Dünger, Sprengstoffen und Laugen.

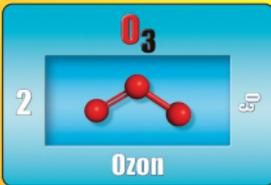
(vgl. Stickstoffverbindungen).





Sauerstoff

altgr. **oxys** (scharf),
gennao (erzeugen)
 (Säureerzeuger*)

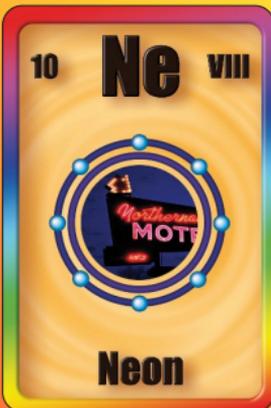


In elementarer Form ist Sauerstoff als O_2 -Molekül wichtiger Bestandteil der Atmosphäre (20.9%).

Verbrennungen und Atmung benötigen Sauerstoff. Sauerstoff geht mit beinahe allen Elementen Verbindungen ein. Pflanzen produzieren in der Photosynthese elementares O_2 -Gas.

In der Erdhülle ist Sauerstoff mit über 50% Anteil das häufigste Element. Ozon besteht auch aus Sauerstoff. Seine Formel lautet O_3 . Eine Ozonschicht in der oberen Atmosphäre schützt uns vor gefährlicher UV-Strahlung.

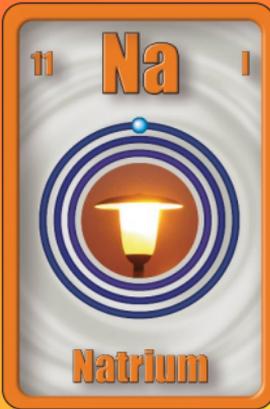
*) Der Name Sauerstoff ist verwirrend und historisch bedingt. Es besteht kein direkter Zusammenhang zwischen Sauerstoff und Säurebildung



Neon ist ein Edelgas. Wie alle Edelgase ist es extrem reaktionsträge. In Lampen wird Neon durch hohe elektrische Spannung zum Leuchten angeregt (Neonröhren).

Neon

altgr. **neos**
 (neu)



Natrium
 arab. Natrun
 (Natron)

Natrium ist mit rund 2.4% ein häufiges Element in der Erdhülle. Reines Natrium ist ein weiches, sehr reaktives Metall und lässt sich mit einem Messer schneiden. In der Erdkruste finden sich zahlreiche Natriumsalze, so z.B. das lebenswichtige Natriumchlorid.

(Kochsalz)

Natriumdampf sendet bei elektrischer Entladung oranges Licht aus, das für die Strassenbeleuchtung eingesetzt wird.

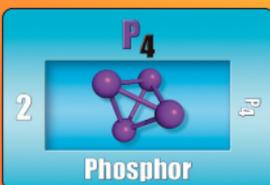


Phosphor
 altgr. phosphoros
 (lichttragend)

Phosphor kommt in der Natur gebunden als Phosphat vor. Reiner Phosphor in der Form von P_4 ist sehr reaktiv und leuchtet an der Luft.

Calciumphosphat ist wichtiger Bestandteil von Knochen und Zähnen. Eine Kette aus Zucker und Phosphat stabilisiert das Erbgutmolekül DNA.

Phosphat ist zudem ein wichtiger, in der Natur nur gering verfügbarer Düngerbestandteil. Zu viel Phosphat führt zu Überdüngung und belastet Boden und Gewässer (vgl. Phosphatverbindungen).



16 **S** VI

Schwefel

Schwefel
 lat. Sulfur
 (Schwefel)

Schwefel ist in elementarer Form als gelbes Mineral bekannt. Es enthält ringförmige S_8 Moleküle. Schwefel wird bei Vulkanausbrüchen freigesetzt. Mit Schwefel lässt sich Kautschuk in einen elastischen Zustand überführen (Autopneu).

17 **Cl** VII

Chlor

Chlor
 altgr. chloros
 (hellgrün)

Elementares Chlor (Cl_2) ist ein hellgrünes, sehr reaktionsfreudiges und daher giftiges Gas. In Hallenbädern wird es zur Wasserdesinfektion eingesetzt. Im Kontakt mit den Augen kann es Bindehautentzündungen hervorrufen.

Cl_2

2 Cl_2

Chlorgas



Argon
 altgr. argos
 (träge)

Der Argonanteil in der Luft beträgt 0.9 vol%. Damit ist Argon das häufigste Edelgas. Als Schutzgas wird es beim Schweißen eingesetzt. In speziellen Fällen kann man Argon als Löschmittel bei Computerbränden verwenden.



Calcium
 lat. Calx
 (Kalkstein)

Elementares Calcium ist weich und lässt sich wie Natrium mit einem Messer schneiden. Es reagiert heftig mit Wasser und kommt daher nicht in elementarer Form in der Natur vor.

Mit Nichtmetallen reagiert Calcium zu Salzen wie Calciumsulfat (Gips), Calciumphosphat (Apatit, Bestandteil von Knochen und Zähnen), Calciumcarbonat (Kalk, Bestandteil von Schneckenhäusern, vgl. Bild), Calciumoxid (gebrannter Kalk).



Eisen
lat. Ferrum
(Eisen)

Metallisches Eisen findet seit ca. 6'000 Jahren als Werkstoff vielfältigen Einsatz. In oxidierter Form kommt es in Eisenerzen häufig in der Erdkruste vor. Eisenerze werden im Hochofen bei ca. 2'000 Grad zu elementarem Eisen reduziert. Durch Zugabe von bis zu 2% Kohlenstoff erhält man Stahl. Stahl ist härter als reines Eisen und rostet weniger (reagiert weniger mit Sauerstoff).



Radon
lat. Radius
(Strahl)

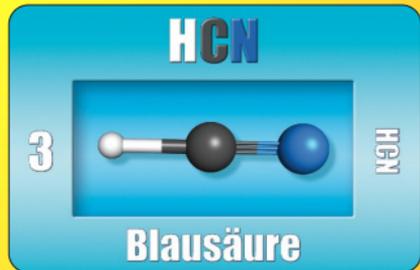
Radon ist ein radioaktives Edelgas. Der Zerfall von Radonatomen führt zur Abgabe von radioaktiver Strahlung. Im Erdreich bildet sich ständig neues Radon aus dem natürlichen Zerfall von radioaktiven Uran- und Thoriumatomen. Granitgestein gibt Radon ab. Die Luft in mangelhaft durchlüfteten Häusern, insbesondere Kellern auf Granitgestein kann deshalb radioaktiv belastet sein.

Ammoniak



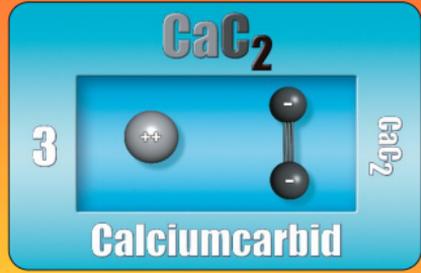
- Stechend riechendes, wasserlösliches, giftiges Gas. Bildet mit Wasser starke Laugen.
- Entsteht u.a. durch bakteriellen Abbau von Harnstoff → Ammoniakgeruch in Toiletten.
- Einsatz als Pflanzendünger in Form von Ammonium-Ionen [NH₄]⁺ → Ammoniumsalze.

Blausäure



- Tödlich für Menschen in Dosen von 1-2 mg/kg Körpergewicht → blockiert Sauerstoffbindung im Blut.
- In Bittermandeln und Aprikosenkernen, vermutlich als Frassschutz der Samen.

Calciumcarbid



- Carbidlampen → Bergbau und Höhlenforschung:
Wasser + CaC_2 → Ethingas + Calciumhydroxid
- Ethingas erzeugt bei Verbrennung helles Licht.
- Stahlindustrie → Entschwefelung von Roheisen mit CaC_2

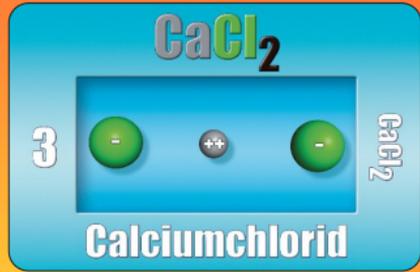
Calcit

Calciumcarbonat
"Marmor"



- Hauptbestandteil von Marmor, Kalkstein, Dolomit, Kreide.
- In Lebewesen: in Knochen, Schneckenhäusern, Muscheln, Korallen.
- Bei Verwitterung mit Wasser entsteht wasserlösliches Calciumhydrogencarbonat.
- Hartes Wasser enthält viel Calciumhydrogencarbonat, weiches Wasser dagegen wenig.

Calciumchlorid



- Einsatz als Trocknungsmittel → wasserfreies Calciumchlorid ist sehr hygroskopisch (wasseranziehend).
- Lebensmittelzusatzstoff E 509: Festigungsmittel, Geschmacksverstärker, Stabilisator.

Chloroform



- Chlorierter Kohlenwasserstoff → Lösungsmittel zur Herstellung von Fluorkohlenwasserstoffen.
- Früher als Narkosemittel eingesetzt.

Chlorwasserstoff

in H_2O : "Salzsäure"



- Stechend riechendes Gas.
- HCl-Gas löst sich sehr gut in Wasser.
- So bildet sich Salzsäure: $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$
 H_3O^+ Ionen gelöst in H_2O schmecken auf der Zunge sauer.
- Salzsäure ist u.a. Bestandteil des Magensaftes und hilft bei der Verdauung von Eiweißen.

Eisencarbonat

"Siderit"
(gr. sideros - Eisen)



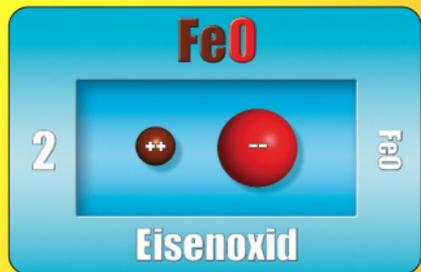
- Häufiger, blassgelber, brauner, manchmal schwarzer Kristall. Wertvolles Eisenerz zur Eisengewinnung.
- Siderit ist verwandt mit Calcit (Calciumcarbonat). Anstelle von Ca^{2+} enthält Siderit Fe^{2+} Ionen.

Eisen(II)chlorid



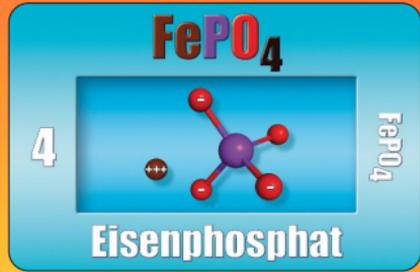
- Fällmittel für Phosphate in biologischer Abwasserreinigung.
- Biogasentschwefelung in Biogasanlagen, Bindung von H_2S zur Verminderung von Geruchbelästigungen.
- Ätzen von Platinen bei gedruckten Schaltungen.

Eisen(II)oxid



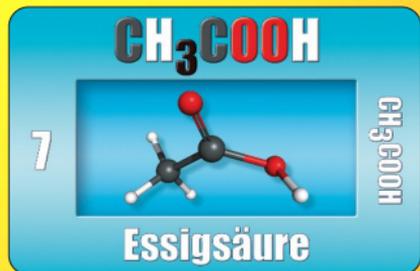
- Zählt zu den Eisenoxiden, die in Eisenerzen und im Rost vorkommen. Eisenoxide sind normalerweise Gemische von Eisen(II)- und Eisen(III)-oxiden. Sie enthalten Fe^{2+} , Fe^{3+} und O^{2-} Ionen.

Eisen(III)phosphat



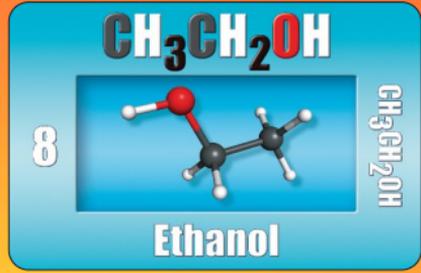
- Kommt natürlicherweise im Boden vor. Bildet sich durch Einbringen von Phosphaten aus Düngemitteln im Boden und in Seesedimenten.

Essigsäure



- Farblose, flüssige, ätzende, nach Essig riechende Carbonsäure.
- Geschmackstoff, Konservierungsmittel, Ausgangsstoff für Produktion von Farben und Klebstoffen.
- Bakterien (Acetobacter) in der Essigmutter können Ethanol (Trinkalkohol) in Gegenwart von Sauerstoff in Essigsäure umwandeln → Essigherstellung.

Ethanol



- Farblose, brennbare, mit Wasser beliebig mischbare Flüssigkeit (identisch mit Trinkalkohol!)
- Brennsprit enthält 98 vol% Ethanol, von Alkoholsteuer befreit, da vergällt und damit ungeniessbar.
- Hefezellen produzieren Ethanol ohne Luftsauerstoff durch Vergärung von Traubenzucker
→ Produktion von Wein, Bier und Schnaps.

"Faulgas"

Schwefelwasserstoff



- Nach faulen Eiern riechendes, giftiges vulkanisches Gas.
- Entsteht auch bei bakterieller Zersetzung schwefelhaltiger Eiweisse im Darm oder in Kläranlagen.
- Unsere Nase reagiert extrem empfindlich auf H₂S
→ z.B. beim Geruch nach verdorbenem Fleisch, faulen Eiern, verbrannten Haaren.

"Gebrannter Kalk"

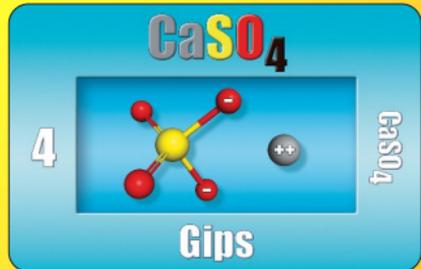
Calciumoxid



- Durch Brennen von Kalk entsteht "gebrannter Kalk". Dabei wird Kohlendioxid freigesetzt.
- $\text{CaCO}_3 + \text{W\u00e4rme} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
- In Zement und Beton hilft gebrannter Kalk beim Abbinden und Aush\u00e4rten.

"Gips"

Calciumsulfat



- Bindemittel und Werkstoff
- F\u00e4llt an bei Rauchgasentschwefelung in Kehrlichtverbrennungsanlagen und industrieller Abwasserreinigung.

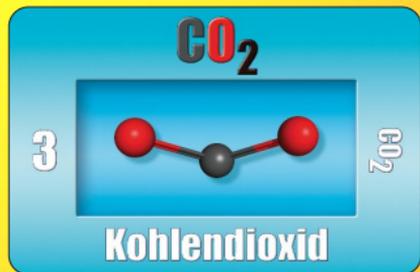
"Kochsalz"

Natriumchlorid



- Im Meerwasser gelöst mit einem Gehalt von ca. 36 g pro Liter. Ebenfalls in riesigen Mengen in Salzlagerstätten in Form von Steinsalz.
- Wichtiger Nahrungsbestandteil, absolut notwendig für alle Lebewesen.
- Einsatz als Konservierungsmittel für Lebensmittel und als Auftausalz im Strassenunterhalt.

Kohlendioxid



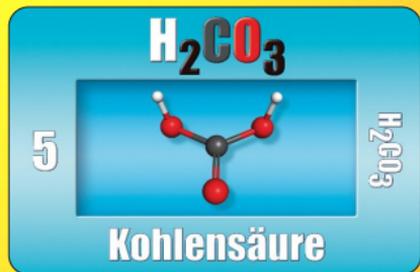
- Farb- und geruchloses Gas.
- Gehalt in der Atmosphäre: 0.039 vol%. , Tendenz steigend. Wirkt in der Atmosphäre als Treibhausgas und trägt zur Klimaerwärmung bei.
- Entsteht bei der Verbrennung von Erdöl, Erdgas, Benzin, Holz, Plastik, Papier aber auch im Zellstoffwechsel aller atmenden Lebewesen.

Kohlenmonoxid



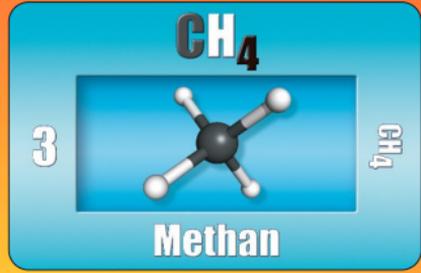
- Farb-, geruch- und geschmacksloses Gas.
- Entsteht bei unvollständiger Verbrennung unter Sauerstoffmangel in relativ hohen Konzentrationen bei Kaminfeuer und unkatalysierten Autoabgasen.
- Gefährliches Atemgift. Bindet 325 Mal stärker an Hämoglobin als Sauerstoff und behindert so den Sauerstofftransport im Blut.

Kohlensäure



- Kohlendioxid reagiert mit Wasser zu Kohlensäure.
- Kohlensäure dissoziiert mit Wasser zu Hydrogencarbonat $[\text{HCO}_3]^-$ und Hydronium-Ionen $[\text{H}_3\text{O}]^+$.
- Hydronium-Ionen schmecken auf der Zunge sauer.
- Gasblasen in kohlensäurehaltigen Tafelgetränken bestehen aus Kohlendioxid-Gas. Es entsteht beim Zerfall der instabilen Kohlensäure unter Wärmeeinfluss und Druckabfall.

Methan



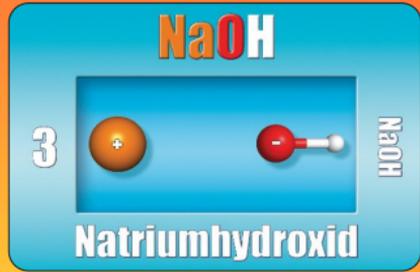
- Brennbares Gas, entsteht in biologischen und geologischen Prozessen.
- Hauptbestandteil von Erdgas, Biogas, Sumpfgas.

Methanol



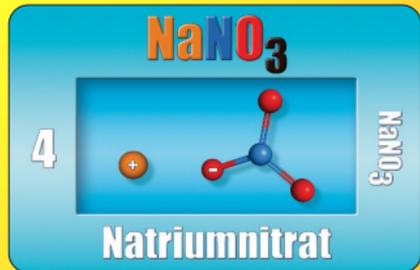
- Farbloser Alkohol. Bei Konsum entstehen in der Leber sehr giftige Abbauprodukte.
- Meistproduzierte organische Chemikalie.
- Ausgangsmaterial für Produktion von Essigsäure und Formaldehyd. Verwendung auch in Brennstoffzellen.

Natriumhydroxid



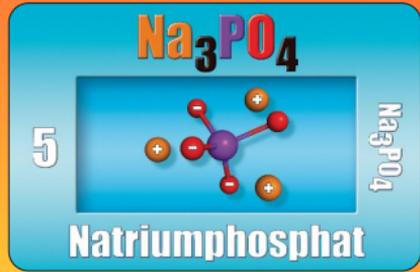
- Weisser, wasseranziehender Feststoff. Löst sich in Wasser unter Bildung von stark alkalischer Natronlauge. Die Konzentration der OH⁻ Ionen definiert die Stärke einer Lauge. Je mehr OH⁻ Ionen, umso alkalischer oder basischer ist die Lauge.
- Bestandteil von Abflussreinigern.

Natriumnitrat



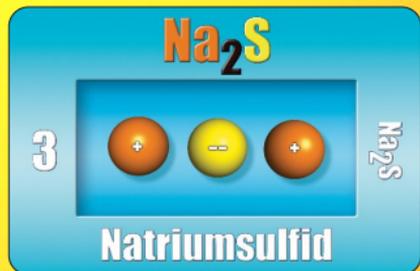
- Natronsalpeter oder Chilesalpeter.
- Natriumsalz der Salpetersäure.
- Einsatz als Pökelsalz, wirkt gegen Bakterien und verhindert einen Farbwechsel bei Fleisch von rot nach grau.

Natriumphosphat



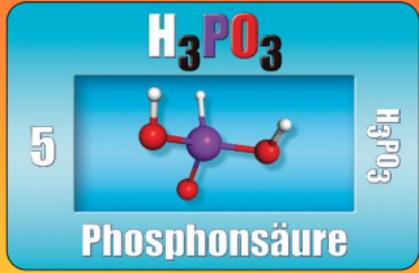
- Natriumsalz der Phosphorsäure
- Einsatz zur Bindung von Magnesium- und Calcium-Ionen um Wasserhärte herabzusetzen (z.B. in Heizwasserkreisläufen).
- In Waschmitteln als Wasserenthärter heute verboten, da Phosphate zur Überdüngung von Gewässern beitragen.

Natriumsulfid



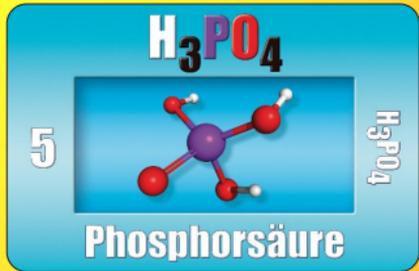
- Farbloses Salz, riecht im Kontakt mit Wasser nach faulen Eiern (Schwefelwasserstoffbildung).
- Einsatz als Enthaarungsmittel beim Gerben.
- Schwermetallfällung in Abwasserbehandlung.

Phosphonsäure



- Wasserlöslicher, kristalliner Feststoff.
- Einsatz in Herstellung von Stabilisatoren für Plastik (PVC), für Kalkbinder zur Wasserenthärtung und als Fungizid (Mittel gegen Pilzerkrankungen bei Pflanzen).

Phosphorsäure



- Wichtigste Sauerstoffsäure des Phosphors.
- Ausgangsstoff für Düngerherstellung und Rostentferner.
- Phosphorsäureester sind Bestandteile des Erbgutmoleküls DNA.

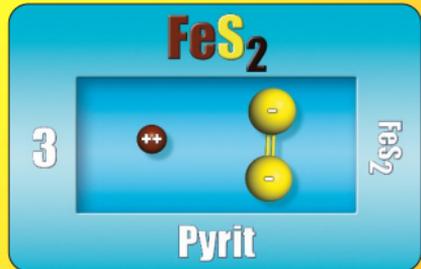
Phosphortrichlorid



- Farblose, stark ätzende Flüssigkeit.
- Herstellung von Medikamenten.

"Pyrit"

Eisendisulfid
(gr. pyr - Feuer)



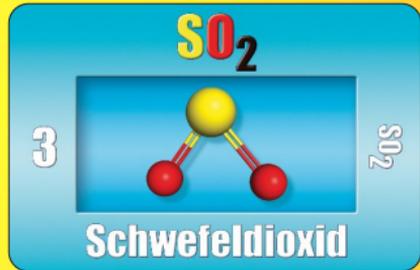
- Disulfid des zweiwertigen Eisens Fe²⁺
- Umgangssprachlich aufgrund von Farbe und Glanz auch als Katzen- oder Narrengold bezeichnet.
- Abgeschlagene Pyritsplitter können sich entzünden.
- Bildet bis 25cm grosse Kristalle in der Form von Würfeln und Oktaedern.

Salpetersäure



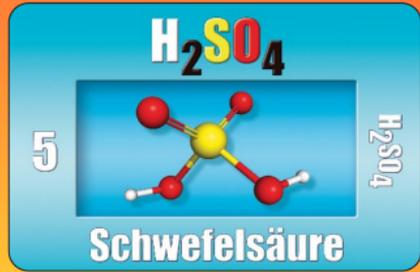
- Sauerstoffhaltige Säure des Stickstoffs, löst die meisten Metalle auf ausser Gold, Platin und Iridium.
- Natriumnitrat (NaNO₃, Chilesalpeter) ist wichtiger Düngerbestandteil. (siehe S.21)

Schwefeldioxid



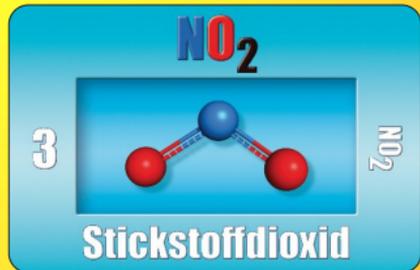
- Farbloses, stechend riechendes, sauer schmeckendes, giftiges Gas.
- Entsteht bei Verbrennung schwefelhaltiger Brennstoffe (Kohle, Erdöl).
- Reagiert mit Wasser und Sauerstoff in der Atmosphäre zu Schwefelsäure → saurer Regen.
- Konservierungsmittel für Trockenfrüchte, Fruchtsäfte, Marmelade, Wein
- Herstellung von Medikamenten, Farbstoffen, gebleichtem Papier.

Schwefelsäure



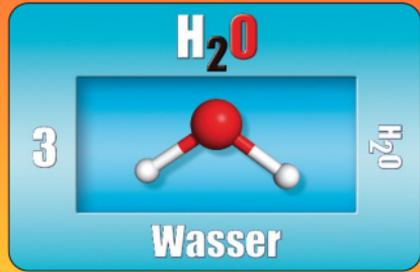
- Farblose, ölige, wasseranziehende, sehr starke Säure.
- Grosse industrielle Bedeutung: Produktion von Düngemitteln, Autobatterien, lösen von Erzen aus Gestein.

Stickstoffdioxid



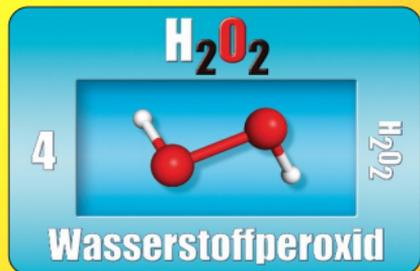
- Rotbraunes, stechend riechendes, giftiges Gas.
- Entsteht bei hohen Temperaturen in Verbrennungen. Autokatalysatoren verwandeln Stickstoffoxide NO_x in Stickstoff und Sauerstoff zurück.

Wasser



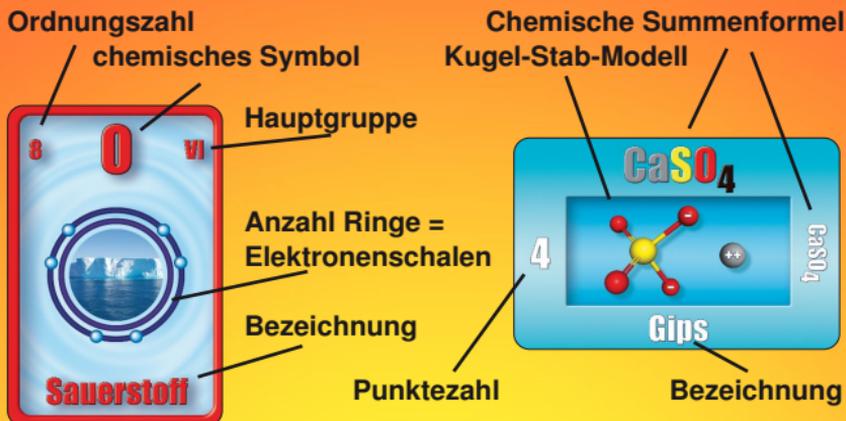
- Wichtigste chemische Verbindung aus Wasserstoff und Sauerstoff.
- Von zentraler Bedeutung für lebende Zellen.
- Einziges Molekül, das in unserer täglichen Umwelt fest, flüssig und gasförmig vorkommt.

Wasserstoffperoxid



- Starkes Oxidationsmittel, im Handel als 35 vol% in Wasser erhältlich.
- Bleicht Papier, Haare, Zähne.
- Desinfektionsmittel als 0.3 – 3 vol% Lösung.

Erläuterungen zu den Spielkarten:



Impressum ChemiX Kartenspiel und Begleitbroschüre

1. Auflage, Zürich, Juli 2011, 4'000 Exemplare

Texte Begleitbroschüre:

Interpharma: Frau Janine Hermann,
www.interpharma.ch Leiterin Educationals, Interpharma

SimplyScience: Herr Thomas Flüeler,
www.simplyscience.ch Geschäftsführer SimplyScience Stiftung

Technorama: Herr Martin Weber, Leiter Jugendlabor
www.technorama.ch Swiss Science Center Technorama

Wissenschaftliche Überprüfung: Frau Prof. Helma Wennemers

Verlag: Murmel Spielwerkstatt und Verlag AG
www.murmel.ch Kanonengasse 16, 8004 Zürich

Projektleitung: Marion Bigger
Spielautor: Jan Götschi
Redaktion: Marion Bigger und Andreas Rudin
Illustrationen: Jan Götschi, Andrej Svezdov, Pascal Brun

Die vorliegende Begleitbroschüre wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

Das Spiel ChemiX und die Begleitbroschüre unterstehen einer Creative Commons Lizenz, Details siehe Hinweise in der Spielregel.