

Residuos y emisiones en la operación de las centrales eléctricas

Definiciones y límites

¿Qué son los residuos?

Como residuos o materiales de desecho se definen generalmente los residuos en forma de sustancias u objetos sólidos y libremente transportables que se producen en hogares particulares, en procesos industriales y públicos o en servicios. Esto incluye también los residuos químicos y radiactivos en forma sólida. De acuerdo con la definición legal, los residuos incluyen también sustancias en forma sólida o líquida, si se encuentran en recipientes sólidos. La legislación sobre el reciclaje y los residuos distingue entre “residuos destinados al reciclaje”, los denominados materiales valiosos o residuales, y los “residuos destinados a la eliminación”, que son incinerados para generar energía y/o calor o se almacenan en vertederos.

En cualquier caso, la parte responsable de los residuos y/o el propietario de los mismos debe asegurarse de que sean eliminados o reciclados en conformidad con la ley y con la categoría de residuos definida. Las sustancias que no figuren como residuos en las leyes, reglamentos de aplicación u ordenanzas pertinentes no son residuos en términos jurídicos, sino más bien un activo económico. El principio general de la legislación moderna es: “La prevención precede al reciclaje y este precede a la eliminación.”

¿Qué son las emisiones?

El término “emisión” proviene del latín (“emittere” = enviar) y significa “radiación, transmisión”. En relación con el tema de la energía, las emisiones se distinguen según los aspectos físicos y técnicos.

Emisiones en el sentido físico:

- Emisión de luz por cuerpos luminosos.
- Emisión de otro tipo de radiación electromagnética (por ejemplo, rayos X o rayos gamma).
- Emisión de partículas individuales (p. ej. partículas alfa y beta, neutrones, etc.) en la descomposición radiactiva y otros procesos nucleares.
- Emisión de electrones:
Emisión termoiónica mediante alta temperatura de metales y óxidos (utilizada en tubos de electrones o tubos de rayos catódicos de los receptores de televisión) y fotoemisión (luz) (usada en la central eléctrica fotovoltaica)

Emisiones en el sentido técnico:

Como tales se entiende la emisión de partículas sólidas (por ejemplo, polvo) y sustancias líquidas y gaseosas que ingresan en el medio ambiente, es decir, en la atmósfera, en aguas o en el suelo, a través de equipos o procesos técnicos. Estas emisiones alteran la composición natural de la atmósfera, el agua o el suelo y, por lo general, llevan a la contaminación que puede perturbar sensiblemente el equilibrio ecológico.

Las emisiones de las plantas de combustión (por ejemplo, las centrales eléctricas) y los motores de combustión (por ejemplo, los vehículos de motor) para combustibles sólidos, líquidos y gaseosos incluyen, en particular, los productos de combustión óxidos de azufre SO_x , óxidos de nitrógeno NO_x y óxidos de carbono CO_x , así como las emisiones de residuos sólidos pulverulentos de cenizas, hollín, partículas suspendidas y finas.

Estas emisiones técnicas, liberadas principalmente en humo y gases de escape, son especificadas por lo general en ppm, g/m^3 o mg/m^3 . Los límites permisibles también se especifican en estas unidades de medida. Además, tanto en el ámbito técnico como en el físico se pueden determinar las denominadas emisiones energéticas: Estas incluyen, por ejemplo, el ruido, la vibración o la radiación de calor. Para la radiación electromagnética en el rango de baja energía, existe el término “contaminación electromagnética”, a la que se le atribuye el mayor impacto sobre el medio ambiente gracias a los campos magnéticos de la tecnología de la radio y de la comunicación moderna.

Básicamente cada emisión se refiere a una fuente específica.

¿Cómo se convierte una sustancia en “contaminante”?

Las sustancias que pueden potencialmente causar daño a los seres humanos y al medio ambiente debido a su efecto químico o físico, a menudo son técnicamente indispensables. Sólo se convierten en “contaminantes” cuando son liberadas incontroladamente y causan perturbaciones en el equilibrio ecológico de nuestra Tierra o deterioran la salud humana. Así, el ácido nítrico en el reactor de una planta de productos químicos o amoníaco en el agua de alimentación de caldera de un generador de vapor son sustancias indudablemente peligrosas, pero no contaminantes. Sólo lo serían si se introdujeran en el aire inhalado, por ejemplo, debido a fugas en el sistema. El dióxido de carbono, sin embargo, no es en sí mismo una sustancia peligrosa, pero debido a la acumulación en la atmósfera promueve el efecto invernadero y, por lo tanto, en la actualidad se clasifica como un contaminante.

¡Sólido, líquido y gaseoso no es suficiente para poder clasificar!

A primera vista, el estado de agregación parece jugar un papel en la clasificación legal de los residuos y emisiones. El ente legislador toma en cuenta no sólo la consistencia de los residuos y las emisiones. Aunque “residuo” se define como “sustancia sólida”, también incluye los “líquidos en recipientes”. Sin embargo, si el “polvo” sólido se encuentra en el aire de escape o en los gases de escape, como sustancia gaseosa pertenece al ámbito de las emisiones de la legislación sobre “aire” (en Alemania “Instrucciones técnicas para el aire”). Si el polvo es filtrado del gas de combustión, atañe de nuevo a la legislación sobre residuos como materia sólida. Si los componentes sólidos del polvo se disuelven en el agua mediante el lavado de los gases de combustión, se aplica la legislación sobre aguas residuales. El agua de refrigeración contaminada por el calor se trata en parte como agua residual y en parte también existen normativas legales especiales.

Residuos y emisiones en la generación de energía eléctrica

Nos limitamos aquí a los residuos y emisiones producidos en el proceso de conversión de energía en las centrales eléctricas, que son generados directamente como productos de la combustión. Para lograr un equilibrio ecológico y energético global, habría que tomar en consideración también la extracción de hulla, la producción de petróleo y gas o la extracción y el procesamiento del uranio.

Los residuos sólidos en la generación de energía eléctrica

Ceniza

Cuando se queman madera, lignito, hulla, coque, betún y aceite combustible pesado se queman solamente los componentes orgánicos de estos combustibles. Los residuos en forma de cenizas de este modo consisten esencialmente en los componentes inorgánicos del combustible respectivo utilizado, los llamados minerales. Principalmente son óxidos y carbonatos de diversos metales como el aluminio, calcio, hierro, magnesio, manganeso, fósforo, potasio, silicio o sodio (como Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , MgO , MnO , P_2O_5 , K_2O , SiO_2 , Na_2CO_3 , NaHCO_3 , etc.), los que pueden ser parcialmente transformados en abono. Las cenizas de centrales que funcionan con biomasa pueden utilizarse, sin tratamiento, por ejemplo, en la agricultura y la silvicultura como fertilizantes potásicos y de fosfato.

Si la temperatura de combustión está entre $900\text{ }^\circ\text{C}$ y $1.200\text{ }^\circ\text{C}$ (punto de reblandecimiento de ceniza), la ceniza se vuelve viscosa, suave o pastosa. Al enfriarse estas cenizas viscosas surge una masa porosa pero sólida, que se procesa parcialmente como escoria “vitrificada”.

Escoria

La escoria es la parte vitrificada de los residuos de la combustión de minerales. No es un contaminante en sí misma, pero puede contener contaminantes tales como metales pesados. Si la escoria tiene una composición insoluble en agua, por ejemplo, gracias a una “vitrificación” completa, cualquier contaminante queda firmemente ligado. En el pasado, la escoria era utilizada o depositada directamente para la construcción de carreteras. Hoy en día, en muchos países existen disposiciones legales que regulan el tratamiento y la reutilización de la escoria. Si la escoria, por ejemplo, se utiliza bajo condiciones definidas como materia prima para la producción de cemento, resulta en un producto final neutral para el medio ambiente.

Sustancias radiactivas

El manejo de los residuos radiactivos está prescrito en forma especial y detallada en la legislación específica. De acuerdo con esto, el productor de residuos radiactivos debe asegurarse de que sean reciclados sin daños o sean eliminados como residuos radiactivos. Los residuos radiactivos se dividen internacionalmente en tres categorías: residuos radiactivos de baja, media y alta actividad, cada una con baja o alta generación de calor.

Aproximadamente el 90 % de los residuos radiactivos están compuestos por materiales radiactivos de baja y media actividad, tales como materiales y equipos auxiliares (por ejemplo, filtros), así como materiales de cubierta y materiales estructurales (por ejemplo, Zr^{90} , Co^{60}). Los productos de fisión altamente radiactivos y los elementos de combustible gastado con elevada generación de calor forman aprox. el 10 % de los residuos radiactivos.

Las barras de combustible típicas, utilizadas en las centrales eléctricas nucleares como “combustible”, contienen aproximadamente 96 % de uranio²³⁸ y aprox. 4 % de uranio²³⁵ fisiónable enriquecido. El U^{235} es consumido por la fisión nuclear y se convierte en diversos productos de fisión. Una pequeña parte del U^{238} se transforma por absorción de neutrones en plutonio²³⁹, que es

fisionable como U^{235} y también proporciona energía. Después de unos tres a cinco años, si la fracción del U^{235} fisionable está “quemada” hasta aproximadamente 1 %, las barras de combustible deben sustituirse por otras nuevas.

Las barras de combustible utilizadas todavía contienen aproximadamente el 94 % de uranio²³⁸, menos del 1 % de U^{235} todavía fisionable y menos del 1 % de plutonio²³⁹ fisionable. El 4 % restante es una mezcla de productos de fisión altamente radiactivos (los más comunes son los isótopos de yodo, cesio, estroncio, xenón y bario) y elementos transuránicos tales como el neptunio, americio y californio, que han surgido mediante la captura de neutrones en los núcleos atómicos de uranio y plutonio sin fisión nuclear. Las barras de combustible son almacenadas primero durante varios años en las piscinas de decaimiento de la planta central eléctrica nuclear a fin de reducir los isótopos de desintegración rápida. Las vidas medias de algunos de los materiales radiactivos contenidos se encuentran en el intervalo de segundos, minutos, días o unos pocos años. Otras vidas medias se sitúan entre muchos miles de años, lo que sin duda hace necesaria una eliminación segura sobre un tiempo extremadamente largo. Por lo tanto, los elementos de combustible son transportados en recipientes especiales de seguridad “Castor” (**c**ask for **s**torage and **t**ransportation of radioactive material) (barril para el almacenamiento y transporte de material radiactivo) a un almacenamiento intermedio o a una planta de reprocesamiento. Allí, los productos de fisión altamente radiactivos procedentes del combustible nuclear desgastado son disueltos químicamente, fusionados químicamente con vidrio altamente resistente, fundidos en recipientes de acero inoxidable y transportados en recipientes “Castor” para su eliminación posterior. De una central eléctrica nuclear de 1.000 MW se desprenden de 3,5 a 4 m³ de residuos altamente radiactivos y solidificados de alta actividad para ser eliminados. El uranio recuperado del reprocesamiento se utiliza después del nuevo enriquecimiento a aproximadamente 4 % de uranio²³⁵ para producir nuevos elementos de combustible y, por lo tanto, es retornado al ciclo del combustible nuclear. El plutonio separado es vuelto a procesar junto con uranio natural para convertirse en combustible de óxido mezclado de uranio-plutonio (combustible MOX). Sin embargo, el reciclaje de las barras de combustible desgastadas es extremadamente complejo y arriesgado debido a la separación de los “materiales de desecho” radiactivos y peligrosos y también resulta muy caro. Por ello, en los EE.UU. y Alemania (desde 2005) no se realiza ningún reprocesado.

Para residuos radiactivos de baja y media actividad con baja generación de calor aún existen en muchos países (como Francia, Gran Bretaña, España, la República Checa y los EE.UU.) depósitos cerca de la superficie (hasta 100 m de profundidad).

De acuerdo con los requisitos de seguridad actuales, éstos no se consideran como repositorios seguros. En Alemania existieron o existen en la actualidad tres de los llamados “depósitos finales” de residuos radiactivos de baja y media actividad: Morsleben, Asse y Schacht Konrad. En los años 80 se produjeron entradas de agua y derrumbes en la antigua mina de sal de Morsleben, y este depósito ha venido siendo restaurado desde 1998, con un costo de varios miles de millones de euros. Lo mismo es el caso en la antigua mina de sal Asse. Aquí fueron almacenados 126.000 barriles con residuos radiactivos. Mientras tanto, los barriles se han oxidado y el agua que ha entrado en la mina forma una salmuera radioactiva. Ésta amenaza con penetrar en las capas de suelo y agua subterránea cerca de la superficie. La mina Asse debe ser rehabilitada con un gasto de miles de millones de euros, que pasaron de los 2.000 millones de euros estimados inicialmente en 2008 a más de 10 000 millones de euros en 2016. La antigua mina de hierro Konrad cerca de Salzgitter fue aprobada como vertedero desde 800 a 1.300 m de profundidad en 2002 y la aprobación fue confirmada en última instancia en 2006. El depósito será convertido ahora de conformidad con la autorización y debería estar listo para el almacenamiento de residuos radiactivos a partir de 2013. De acuerdo con la Oficina Federal de Protección Radiológica, ahora

la apertura oficial se ha pospuesto hasta alrededor de 2022 debido a los trabajos de rehabilitación necesarios.

No existe un depósito final de residuos altamente radiactivos en ninguno de los 31 países que utilizan energía nuclear, a pesar de que los planes han estado en marcha durante décadas; un depósito se encuentra en proceso de concesión de licencias en EE. UU, y en Finlandia se ha determinado la ubicación. En Alemania, el almacenamiento definitivo de sustancias altamente radiactivas en Gorleben se planificó y abordó a partir de 1977. Pero esta antigua mina de sal parece menos adecuada por razones similares a la Asse y mientras tanto se ha buscado un nuevo sitio para un repositorio. Se espera que se encuentre una ubicación para 2030, pero a más tardar para 2050.

Entonces, ¿cuál es el problema particular de los residuos radiactivos de las centrales eléctricas nucleares? En comparación con la radiactividad del uranio natural utilizado originalmente en las barras de combustible, las barras de combustible utilizadas contienen un múltiplo en miles de la radiactividad, tanto en cantidad como en el número de isótopos. Los defensores de la energía nuclear señalan que la tecnología de punta hace posible la eliminación segura a largo plazo. Sin embargo, el problema es el alto costo, estimado en más de 100 mil millones de euros sólo para los residuos nucleares de Alemania hasta el año 2100.

Las emisiones en la generación de energía eléctrica

Óxidos de azufre SO_x

Casi todos los seres vivos contienen aminoácidos con presencia de azufre. Por lo tanto, sus productos de conversión lignito, hulla, coque, petróleo y gas contienen por naturaleza grandes cantidades de compuestos de azufre. Cuando se queman, se producen sobre todo dióxido de azufre (SO₂) y trióxido de azufre (SO₃). Éstos se disuelven como ácido en el agua ("lluvia ácida") y en los años 70 y 80, entre otras cosas, llevaron a la extinción de los bosques en las sierras bajas de Europa Central. Aún el sistema bronquial humano es atacado por el dióxido de azufre. Debido a las normas legales más estrictas y a las nuevas tecnologías hoy en día el gas natural es desulfurado hasta 10 mg/m³ y el combustible, diésel y gasolina hasta 10 mg/l o menos. En centrales eléctricas con combustión de carbón o peores tipos de combustible en la actualidad se procesan con desulfuración de gases de combustión de alta eficiencia. Para ello, los óxidos de azufre se neutralizan con cal. Esto crea yeso (sulfato de calcio CaSO₄), que es reutilizado en la industria de la construcción. Una moderna tecnología para centrales de energía es la gasificación del carbón, un proceso que elimina los contaminantes potenciales, tales como azufre y metales pesados, antes de la combustión.

Óxidos de nitrógeno NO_x

La masa de los óxidos de nitrógeno en los gases de combustión o gases de escape procede en gran parte de la combustión con el aire (mezcla de nitrógeno-oxígeno). No se producen si se quema con oxígeno puro, pero eso sería en general demasiado caro. A veces también hay nitrógeno contenido en el combustible, que puede reaccionar en la combustión para formar óxido de nitrógeno. La reacción es fuertemente dependiente de la temperatura y se opone a la búsqueda de un mayor rendimiento. Los óxidos de nitrógeno también reaccionan con el agua en forma ácida. Un mayor daño económico y ecológico se presenta gracias a una sobre-fertilización de los bosques debido a lluvias que contienen óxidos de nitrógeno, que en muchos árboles conducen a trastornos del crecimiento. En combinación con el ozono procedente de la luz ultravioleta del sol y los hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno también forman un gran número de sustancias del humo-niebla, lo que supone una pesada carga para los pulmones y la circulación humanas. Por lo tanto, Alemania, la UE y los EE.UU. ahora han rebajado los valores límites

legales para los óxidos de nitrógeno. El control optimizado del proceso y los catalizadores para la conversión de óxidos de nitrógeno en nitrógeno aseguran que en las centrales eléctricas se produzcan contenidos de gases de escape inferiores a 40 mg/m^3 .

En los gases de escape de los automóviles, especialmente para automotores diésel, las emisiones de NO_x son un problema importante, y en la actualidad los catalizadores sólo pueden eliminarlas de forma incompleta en condiciones normales de conducción. La limpieza catalítica casi completa del NO_x de los gases de escape de los automóviles es posible, pero resulta extremadamente compleja y costosa. Los últimos hallazgos muestran que una gran proporción (hasta el 50 %) de N_xO_y también es originada por los fertilizantes nitrogenados en la agricultura. (Una proporción considerable del nitrógeno fertilizado se descompone en N_2O y entra en el aire como un gas de efecto invernadero altamente eficaz: 310 veces más efectivo que el CO_2).

Polvos

El carbono no quemado (hollín) sigue siendo un problema en los motores diésel, pero puede ser ignorado en las centrales eléctricas de combustión modernas si el proceso es controlado de forma óptima. Los óxidos y sales metálicas (especialmente los cloruros) siempre están presentes, en cierta medida como partículas, en los gases de escape de las plantas de combustión. Después de que se hubo determinado que las partículas finas son similarmente perjudiciales para la salud como el amianto, los límites fueron reducidos de nuevo en muchos países. Las centrales eléctricas modernas con ciclones (separador centrífugo), separación electrostática y depuración húmeda logran valores de gases de escape muy inferiores a 20 mg/m^3 . En las centrales eléctricas de gas, este valor es significativamente menor incluso sin separación adicional.

Óxidos de carbono CO_x

Ya que en todas las plantas de energía de combustión en última instancia se quema carbono, siempre se produce dióxido de carbono (CO_2). La generación de energía eléctrica convencional basada en combustible fósil es actualmente el principal emisor de CO_2 de gases de efecto invernadero, representando el 42 % del total.

Emisiones de CO_2 en g por kWh producido: lignito $\approx 950 \text{ g/kWh}$; hulla $\approx 750 \text{ g/kWh}$; petróleo $\approx 720 \text{ g/kWh}$; gas natural $\approx 540 \text{ g/kWh}$; gas natural GuD (de central eléctrica de ciclo combinado) $\approx 350 \text{ g/kWh}$.

Dado que el CO_2 en estas concentraciones no es tóxico ni nocivo para las plantas, los animales o los seres humanos, su emisión no fue reconocida inicialmente como un problema. Sin embargo, más de 150 años de industrialización global han provocado que aumenten fuertemente la demanda energética de la economía y, por lo tanto, las emisiones de CO_2 de la combustión de combustible fósil; de modo que el aumento del contenido de CO_2 en la atmósfera como gas de efecto invernadero se refleja ahora en un aumento de la temperatura en la Tierra. Las cargas adicionales son causadas por el crecimiento de la población, lo que significa un aumento de las emisiones de CO_2 simplemente debido a la cocción y calefacción. La creciente tala de bosques primarios para la producción de leña (en Europa) y para el cultivo de forraje o cultivos energéticos en Asia y América del Sur también ha provocado un aumento extremo de las emisiones de CO_2 . Además, cada vez se producen más cantidades de metano (CH_4), gas de efecto invernadero, a partir de la producción de alimentos (incluidos el cultivo de arroz y la ganadería). Por eso es importante el quemar menos combustible fósil no sólo por razones de conservación de los recursos, sino también para mitigar el efecto invernadero. Esto se ve facilitado por un lado mediante el aumento de la eficiencia de las centrales eléctricas de combustión por el uso de tecnologías modernas y por el otro, gracias al uso de energías renovables con tecnologías optimizadas para ese fin.

Agua

Cuando se queman hidrocarburos (petróleo y gas) siempre se libera forzosamente agua (H₂O) (por ejemplo, $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$). Aunque pueda influir hasta cierto punto en el microclima alrededor de una central eléctrica, no se espera que represente una contaminación del medio ambiente real. El aumento de la formación de nubes puede dar lugar a fluctuaciones climáticas locales, pero al final el agua en la atmósfera es de nuevo llovida o nevada rápidamente. Por lo tanto, no hay ningún enriquecimiento prolongado. Esto también se ve en el creciente número de fuertes lluvias e inundaciones en todo el mundo. Aunque el calentamiento global lleva a una mayor evaporación del agua (marítima) y de la nubosidad, también conduce a un aumento de las precipitaciones en algunas regiones del mundo, mientras que en otras partes crecen los desiertos.

Emisiones radiactivas

En un reactor de agua en ebullición, los gases disueltos en el agua del reactor y las sustancias volátiles fluyen con el vapor a través de la turbina hacia los condensadores. A partir de ahí, se llega a un sistema de tratamiento de gases de escape. Allí, los gases pasan a través de una línea de retardo, un sistema de retardo por carbón activado y un filtro absoluto antes de ser liberados, junto con el aire del edificio, a través de la chimenea. La mayor parte de la radiactividad decae dentro de las líneas de retardo, por ejemplo el xenón¹³³ (vida media de 5,3 días) con un tiempo de retardo de 40 a 60 días al 0,1 % de la actividad original. En los reactores de agua presurizada y en ebullición, los gases radioactivos también pueden entrar en el aire ambiente del edificio del reactor mediante irradiación del aire en el espacio anular alrededor del recipiente de presión del reactor y por fuga en los sistemas de tuberías. El aire de la sala también es liberado al exterior, de forma controlada, a través del sistema de tratamiento de gases de escape. El agua residual de las centrales nucleares se recoge en grandes contenedores, se determina la actividad de los distintos nucleidos, y se descarga de forma controlada, siempre respetando los valores límite. Las emisiones reales de las centrales eléctricas nucleares alemanas están consistentemente muy por debajo de los valores definidos oficialmente. Una densa red de estaciones de vigilancia supervisa el entorno de cada central eléctrica nuclear. Sin embargo, también hay algunas voces críticas que atribuyen un mayor riesgo de leucemia en los niños, observado en los alrededores de las centrales nucleares, por las emisiones de las centrales eléctricas (ver la palabra clave “radiación”).

Radiación

Fuera de una central eléctrica nuclear la radiación directa (radiación alfa, beta o gamma) no es prácticamente medible debido al bajo alcance o al fuerte blindaje. La situación es diferente en lo que respecta al transporte de elementos combustibles desgastados en contenedores “Castor”, para los cuales se adoptan medidas especiales de protección. Se debe tener en cuenta, sin embargo, que el verdadero peligro no es la radiación medida a distancia. Ni un contador Geiger ni el cuerpo humano notan una partícula de polvo con radiación alfa a unos pocos centímetros de distancia. Sin embargo, si la partícula de polvo ingresa en los pulmones o se disuelve en el agua potable en el cuerpo 2 cm son mucho. Posteriormente esta radiación durante años puede causar cáncer.

Calor

El uso óptimo del calor generado en el proceso de combustión es importante para la eficiencia de las centrales eléctricas. En muchos tipos de centrales eléctricas se utiliza el vapor como medio de transferencia de calor. Sólo las máquinas de vapor clásicas (p. ej. las locomotoras de vapor) simplemente descargan el vapor de escape no utilizado al medio ambiente. Si por otra parte el

vapor de escape es condensado y una vez más se alimenta a la caldera, se presentan ventajas. En las turbinas de vapor la condensación en el lado de salida produce presión negativa, lo que también aumenta la eficiencia. Para evitar la calcificación y la corrosión, el agua de alimentación de la caldera debe ser relativamente pura y contener ciertos aditivos. Por lo tanto, resultaría extremadamente antieconómico no condensar el vapor y no utilizarlo en un circuito cerrado. (Sólo por razones de seguridad, el circuito primario de agua debe ser completamente cerrado para los reactores nucleares). Las centrales termoeléctricas por lo general trabajan con torres de enfriamiento y un circuito de agua de enfriamiento secundario, la mayoría con agua de río. Esto conduce a la evaporación de cantidades significativas de agua del río y a su calentamiento. Hoy en día, la refrigeración de las centrales eléctricas con aire puro se realiza en áreas donde no hay ninguna capacidad de enfriamiento por agua. Sin embargo, esto resulta significativamente más caro que la refrigeración por agua y, por lo tanto, apenas se utiliza. Puesto que hasta el 65 % de la energía primaria se pierde como calor sobrante en las centrales térmicas convencionales, las centrales eléctricas de gran escala representan una contaminación del medio ambiente considerable. La central eléctrica nuclear Isar 2 requiere, por ejemplo, 42.000 l/s de agua de enfriamiento; la central nuclear de Biblis B, que desde entonces ha sido cerrada, tomaba 210.000 m³/h del río Main.

Por lo tanto, el uso de tecnologías modernas, tales como las centrales eléctricas de turbinas de gas de ciclo combinado (GuD) con uso integrado de calor sobrante para la calefacción urbana, no es sólo económico, sino también ecológicamente muy importante.

Ruido

En las centrales eléctricas de gran escala generalmente no hay problemas con el ruido debido a la construcción masiva y a la distancia a las zonas residenciales. En las pequeñas centrales eléctricas y en las mini centrales modulares para calefacción, las emisiones sonoras dependen en gran medida del diseño constructivo, como también en el caso de las plantas de biogás que convierten directamente el gas en electricidad procedente de grandes motores diésel. En el caso de los parques eólicos, la medida en que las emisiones sonoras se conviertan en una molestia depende de la distancia a las zonas residenciales.

Olores

Las centrales eléctricas de lignito deficientemente filtradas se extendieron hasta la década de 1990 en Europa Central (por ejemplo, la antigua RDA, Checoslovaquia y Polonia) con nubes de olores de gran alcance ("hedor a suciedad de gato") de hasta 100 km, dependiendo del clima. Hoy en día las relativamente estrictas regulaciones de control de emisiones en la UE son eficaces, por lo que por lo general no se producen olores molestos en las grandes plantas. Cuando no se utiliza la tecnología de punta más reciente, las plantas de biogás más pequeñas o las plantas de astillas de madera más pequeñas también tienen mala reputación.