

# *Entstehung und Sanierung der Rüstungsaltposten in Hirschhagen*

*Von Hanna Oehl*



**Autor:** Hanna Oehl  
**Ort:** Hessisch Lichtenau/ Fürstehagen  
**Datum:** 03.05.2006  
**Titel:** *Entstehung und Sanierung der Rüstungsaltposten in Hirschhagen*  
**Fach:** GK Chemie & GK Geschichte  
**Fachlehrer:** Herr Orth & Herr Neidiger  
**Schule:** Freiherr-vom-Stein Schule/ Hessisch Lichtenau

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Vorwort der Autorin</b>	<b>S. 3</b>
<b>2. Entstehung und Bedeutung der Munitionsfabrik Hirschhagen</b>	
<b>2.1 Geschichtlicher Abriss</b>	<b>S. 5</b>
<b>2.2 Tarnung und Standortwahl</b>	<b>S. 6</b>
<b>2.3 Arbeitskräfte und Arbeitsbedingungen</b>	<b>S. 6</b>
<b>3. Entstehung der Rüstungsaltposten</b>	
<b>3.1 Die Stoffe TNT und Pikrinsäure</b>	<b>S. 8</b>
<b>3.2 Produktion von TNT und TNP am Beispiel Hirschhagen</b>	
<b>3.2.1 Herstellung von TNT</b>	<b>S. 10</b>
a) Die Mononitrierung	<b>S. 10</b>
b) Die Dinitrierung	<b>S. 11</b>
c) Die Trinitrierung	<b>S. 11</b>
d) Die Weiterverarbeitung des TNT	<b>S. 12</b>
<b>3.2.2 Herstellung von TNP</b>	<b>S. 12</b>
<b>3.3 Schadstoffausstoß und seine akuten Auswirkungen auf     Fabrikarbeiter und Umwelt</b>	
<b>3.3.1 Die Abfallsäuren</b>	<b>S. 13</b>
<b>3.3.2 Die Abwässer und ihre Auswirkungen</b>	<b>S. 13</b>
<b>3.3.3 Gefahren durch Rauch und die Arbeit in der         Sprengstoffproduktion</b>	<b>S. 15</b>
<b>3.4 Wodurch entstanden die Altposten?</b>	<b>S. 17</b>
<b>4. Sanierung der Rüstungsaltposten</b>	
<b>4.1 Entdeckung von Verunreinigungen, erste Maßnahmen und     die Trinkwasserversorgung</b>	<b>S. 19</b>
<b>4.2 Das Kanalsystem</b>	<b>S. 21</b>
<b>4.3 Die hydraulische Sicherung</b>	<b>S. 21</b>

<b>4.4 Bodensanierung</b>	
4.4.1 Gezielte Erkundungsmaßnahmen	S. 22
4.4.2 Die Bodensanierung beginnt	S. 23
4.4.3 Die thermische Verwertung	S. 23
4.4.4 Pilotprojekt: Mikrobiologische Sanierung	S. 24
<b>4.5 Verantwortliche Firmen und Kosten der Sanierung</b>	<b>S. 26</b>
<b>4.6 Auswertung der Sanierungsarbeiten:</b>	<b>S. 27</b>
<b>Belastungen für Anwohner und Umwelt von 1945 bis 2008</b>	
<b>5. Schlusswort</b>	<b>S. 29</b>
<b>Anhang</b>	
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>S. 30</b>
<b>Fremd- und Fachwörterverzeichnis</b>	<b>S. 34</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>S. 35</b>
<b>Selbstständigkeitserklärung</b>	<b>S. 36</b>
<b>Arbeitsprozess</b>	<b>S. 37</b>
<b>Materialien</b>	<b>S. 38</b>

## 1. Vorwort der Autorin

Meine Jahresarbeit befasst sich mit den während des Dritten Reiches in Hirschhagen entstandenen Rüstungsaltslasten und ihre erst seit Beginn des 21. Jahrhunderts systematisch betriebene Sanierung.

Hintergrund für diese Arbeit ist der Zweite Weltkrieg, den es sich sicherlich lohnt kritisch zu betrachten. Dass Krieg generell und im besonderen auch der Zweite Weltkrieg einen großen Einfluss auf die Personen hat, die ihn miterleben, ist wahrscheinlich jedem bewusst. Es gibt akute wirtschaftliche, physische und psychische Auswirkungen auf die Beteiligten. Auch heute noch sind die Folgen des Zweiten Weltkriegs im Bewusstsein fast aller Deutschen fest verankert. Dazu gehört vor allen Dingen das historische Bewusstsein von Fehlern, die in der Vergangenheit gemacht und es heutzutage zu vermeiden gilt. Zudem erinnern uns Eltern, Großeltern und Urgroßeltern mit Erzählungen von ihren alltäglichen und teilweise schrecklichen Erlebnissen daran. Doch auf die Idee, dass ein Überbleibsel des Krieges uns heutzutage noch Schaden zufügen könnte, kommt man nicht so schnell. Rüstungsaltslasten stellen eine Herausforderung und größtenteils auch eine Bedrohung für Menschen dar, die in ihrer Umgebung leben. So trifft man in Hirschhagen nicht selten im Wald auf eingezäunte Bereiche, die Warnhinweise tragen wie „Gefahrenbereich! Unbefugten ist das Betreten des Grundstücks streng verboten“<sup>1</sup>, da sie durch toxische Stoffe verseucht sind.

Weil ich in Fürstshagen lebe, einem Dorf, das nur circa einen Kilometer von Hirschhagen entfernt liegt, bin ich mit solchen Warnhinweisen aufgewachsen, habe mir aber erst spät Gedanken darüber gemacht. Ich habe oft sorglos an einem Bach gespielt, der direkt aus Hirschhagen kommt, mich in dem Wald aufgehalten, der zwischen Fürstshagen und Hirschhagen liegt, die Füße in den „Kaskaden“ gebadet, die das Abwasser der Rüstungsproduktion direkt in die Lose leiten sollten und die Bunker gesehen, die zur Produktion von Sprengstoffen gebaut wurden und die Zeit überdauert haben.



*Bild: Gefahrenbereich<sup>2</sup>*

---

<sup>1</sup> S. Abbildung auf dieser Seite

<sup>2</sup> Eigenes Bild: Hirschhagen, April 2006

Später habe ich dann erst erfahren, dass man in Hirschhagen Munition für den Zweiten Weltkrieg herstellte und, dass das Gebiet teilweise mit Schadstoffen belastet ist. Zudem wohne ich in der „Siedlung“, einer Straße, die eigens für (höhergestellte) Arbeiter in der Munitionsfabrik gebaut wurde und mein Großvater (1945 war er 15 Jahre alt) arbeitete für etwa ein Jahr in Hirschhagen. Unser Leitungswasser beziehen wir inzwischen vom Querenberg in Großalmerode. Bis in die 60er Jahre wurde Fürstenhagen allerdings noch durch eine Quelle, die im Steinbachtal zwischen Heli-Orthopädische Klinik und Hirschhagen liegt, versorgt. Erst nach über 15 Jahren entdeckte man überhaupt, dass der Boden belastet und das Trinkwasser möglicherweise gesundheitsschädlich ist.

All dies weckte mein Interesse. Ich habe mir Fragen gestellt wie z. B.:

- Warum wurde eine Munitionsfabrik in Hirschhagen gebaut?
- Wie kam es dazu, dass der Boden und das Grundwasser in und um Hirschhagen toxisch belastet sind?
- Was hat man damals darüber gewusst?
- Was kann und muss man nun (heute) tun um die toxischen Stoffe zu entfernen und keine Menschen zu gefährden bzw. was wurde schon getan?

Diese Fragen und das allgemeine Interesse an toxischen Chemikalien und ihrer Auswirkung auf unser tägliches Leben und unsere Umwelt haben mich dazu veranlasst, diese Arbeit über das Thema der Rüstungsalasten zu verfassen und sie am Beispiel „Munitionsfabrik Hirschhagen“ zu untersuchen und zu erläutern.

## **2. Entstehung und Bedeutung der Munitionsfabrik Hirschhagen**

### **2.1 Geschichtlicher Abriss**

Am 7.9.1935 beauftragte das Oberkommando des Heeres (OKH), im Zuge der militärischen Aufrüstung Deutschlands, die Dynamit Nobel AG (D.A.G.) mit dem Bau der „Friedland-Werke“.<sup>3</sup> Ab 1936 begann diese eine Sprengstofffabrik in dem Gebiet Hirschhagen zu bauen. In dem schon damals zu Hessisch Lichtenau gehörendem Gebiet gab es zu der Zeit noch keine Ansiedelungen. Besitzer des Werks war die Montanindustrie GmbH (Montan), welche das Werk an die GmbH zur Verwertung chemischer Erzeugnisse (Verwertchemie) verpachtete. Die Verwertchemie wiederum war eine Tochterfirma der DAG.<sup>4</sup> Die IG Farben war mit an der Sprengstoffproduktion beteiligt, weil sie in enger Zusammenarbeit mit der DAG stand und sie zeitweise kontrollierte.<sup>5</sup> Zudem betrieb sie selber Labors für Medikamente, Sprengstoffe und Giftgase, wie sie für die Massenmorde im KZ Auschwitz verwendet wurden.

Im Juni 1938 konnte mit der Produktion von TNT (Trinitrotoluol) begonnen werden und im August waren die Pressen fertig gestellt. Ab 1939 wurde auch Pikrinsäure (Trinitrophenol) produziert. Pressereien und Füllstellen hierfür konnten zu Beginn des Jahres 1940 in Betrieb genommen werden. Des Weiteren sollte noch eine Anlage zum Verfüllen von Nitropenta entstehen und die TNT-Produktion erweitert werden. Die Munitionsfabrik in Hirschhagen war für deutsche Kriegsführung so sehr von Bedeutung, dass trotz allgemeinen Sparmaßnahmen immer mehr Geld für den Ausbau der Anlagen inklusive Wegenetz ausgegeben wurde.

Allerdings gewann man ab 1940 aus den Säureabfällen mit Hilfe einer Denitrierungs- und Konzentrationsanlage teuer und schwer beschaffbar gewordene Rohstoffe zurück um sie wieder zu verwerten.

Zwischen 1939 und 1944 wurde das Werk durch Ausbaumaßnahmen immer unabhängiger. Es bezog zwar Rohstoffe, hatte aber eigene Sprengstofflager, eine eigene Sprengstoffproduktion, erzeugte selber Energie (aus Kohle), besaß eine Kläranlage und Verwaltungsgebäude, sowie verschiedene Werkstätten.

Die Kläranlage entstand 1941 und verwendete Ätzkalk zum Neutralisieren der Säuren. Zuvor wurden die gesamten Abwässer durch ein verzweigtes Kanalsystem ohne jegliche Neutralisierung oder Reinigung in den Rohrbach geleitet.

1945, mit dem Einmarsch der Alliierten (Amerikaner) endete die Munitionsfabrikation. Die Anlagen wurden demontiert, Chemikalien größtenteils in das umliegende Gebiet (Wald)

---

<sup>3</sup> Vgl. Espelage, Gregor: „Friedland“ bei Hessisch Lichtenau, Band II, S. 20

<sup>4</sup> Vgl. Hessisches Ministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit: Altlasten: Sanierungsfall Hirschhagen, S. 2

<sup>5</sup> Vgl. Espelage, Gregor und Vaupel, Dieter: 700 Jahre Hessisch Lichtenau- Ein ergänzender Beitrag zur Heimatkunde, S. 12

geschüttet und nur die sofort verwendbaren Materialien, wie Metallkessel, mitgenommen. Von 1938 bis 1945 hatte man circa 135.000 Tonnen TNT und 7.000 Tonnen Pikrinsäure produziert.

## 2.2 Tarnung und Standortwahl

Schon der Name „Friedland-Werke“ diente zur Tarnung der Sprengstofffabrik. Zudem wurde die Munitionsfabrik in dem Gebiet Hirschhagen gebaut, wo zu der Zeit keine Ansiedlung war und Bäume Sichtschutz spendeten. Sie lag weit genug entfernt von einer größeren Stadt (wie z. B. Kassel) um nicht so leicht einem Angriff ausgesetzt zu sein. Die Gebäude hatten einen Tarnanstrich und zumeist Flachdächer mit Zacken an den Rändern auf denen Gras, Büsche und sogar Bäume gepflanzt wurde, damit sie sich nicht so stark von der Umgebung abheben. Die



*Gebäude Nr. 312: Abfall-Säurelager<sup>7</sup>*

Werkstraßen sollten hauptsächlich vorhandenen Waldwegen folgen. Einige Bäume wurden eigens durch Blitzableiter geschützt und Schornsteine konnten bei Alarm eingefahren werden.<sup>6</sup>

Wichtig für die Standortwahl war auch, dass in der Gegend um Hirschhagen viel Grundwasser vorhanden war, da die Sprengstofffabrik täglich etwa

32.000 cbm Wasser unter anderem zur Kühlung der Nitrieranlagen benötigte.<sup>8</sup>

## 2.3 Arbeitskräfte und Arbeitsbedingungen

Natürlich benötigte so ein großes Werk auch viele Arbeitskräfte. Für den Bau der Fabrik wurden Arbeiter aus der Umgebung und einige ausländische Facharbeiter beschäftigt. Später verpflichtete man auch Arbeiter durch die OT (Organisation Todt), die dafür von anderen Baustellen abgezogen wurden. Ab 1941 trafen zusätzlich Männer ein, die durch den Reichsarbeitsdienst (RAD) zur Arbeit in Hirschhagen heran gezogen wurden. Die ausländischen Bauarbeiter kamen aus unter deutscher Besetzung stehenden Ländern, sowie Italien.<sup>9</sup>

Ab 1938 arbeiteten Deutsche freiwillig oder weil sie zum Arbeitsdienst verpflichtet wurden in der Munitionsfabrikation. Da der Unwillen unter ihnen wegen den schlechten und gefährlichen Arbeitsbedingungen groß war und die Arbeiterzahlen noch nicht reichten, kamen ab 1940

<sup>6</sup> Vgl. Espelage, Gregor: „Friedland“ bei Hessisch Lichtenau II, S. 44

<sup>7</sup> Eigenes Bild: Hirschhagen, April 2006

<sup>8</sup> Schneider, Ulrich: Sanierung der Rüstungsalast Hirschhagen – Dokumentation, S. 10

<sup>9</sup> Vgl. Espelage, Gregor: „Friedland“ bei Hessisch Lichtenau II; S. 28 ff.

ausländische Arbeiter zum Einsatz, Polen, Holländer, Tschechen und Italiener. Obwohl man zuerst Bedenken hatte Ausländer einzusetzen, da die Produktion geheim bleiben sollte, stieg der Ausländeranteil ab 1942 erheblich. Es kamen Arbeiter aus Bulgarien, der Sowjetunion, Frankreich und Belgien hinzu. Die meisten waren als Hilfsarbeiter/innen eingesetzt. Wenige waren ausgebildet oder als Angestellte tätig. Da es auf Grund von deutschen Niederlagen (Stalingrad) schwieriger wurde ausländische Arbeiter einzusetzen, bekam man im Juni 1944 150 Zwangsarbeiter aus dem Lager Breitenau und kurz darauf 1000 ungarische Jüdinnen aus dem KZ Auschwitz zugeteilt. Nicht mehr arbeitsfähige Personen wurden dorthin zurück geschickt und ermordet. Das Lager in der Heinrichstraße in Hessisch Lichtenau, in dem auch Zwangsarbeiter untergebracht waren, wird daher auch oft als Außenkommando des KZ Auschwitz bezeichnet.<sup>10</sup> 1944 arbeiteten über 4000 Menschen in der Munitionsfabrik Hirschhagen. Die meisten Arbeiter wurden in Lagern in der Umgebung untergebracht. Dafür erbaute man Häuser und hauptsächlich Baracken in stillgelegten Fabrikgebäuden in Waldhof, Eschenstruth, Hessisch Lichtenau, Fürstenhagen und Föhren und Friedrichsbrück. Die Unterkünfte sowie die Arbeitsbedingungen für die einfachen Arbeiter waren mangelhaft. Die Lager waren überfüllt und die Schutzmaßnahmen für die Arbeiter sehr dürftig. Es kam zu Verletzungen und Krankheiten, die zum Teil zum Tod führten. Bei Explosion gab es für die anwesenden Arbeiter keine Überlebenschance.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Vgl. Espelage Gregor und Vaupel, Dieter: 700 Jahre Hessisch Lichtenau - Ein ergänzender Beitrag zur Heimatkunde, S.15 ff.

<sup>11</sup> Vgl. Espelage, Gregor: „Friedland“ bei Hessisch Lichtenau II, S. 377 ff.



### 3. Entstehung der Rüstungsalasten

#### 3.1 Die Stoffe TNT und Pikrinsäure

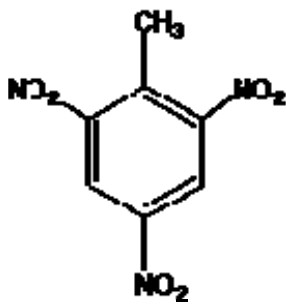
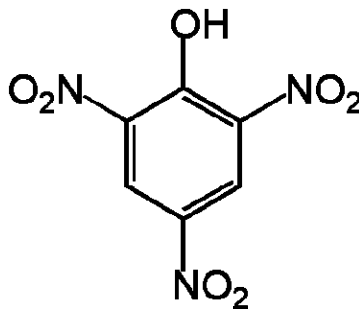
TNT und TNP (Pikrinsäure) sind Nitroaromaten. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass sie sich durch die Nitrierung, teilweise kann man von Veresterung sprechen, von Aromaten mit Salpetersäure herstellen lassen. Genauerer siehe 3.2 Herstellung von TNT und Pikrinsäure. Auch der Sprengstoff Nitropenta wurde in Hirschhagen verfüllt, aber nicht hergestellt. Im Hinblick auf die Sanierung ist er wie Pikrinsäure zu vernachlässigen, da sie aufgrund ihrer geringeren Produktion und besseren Wasserlöslichkeit kaum noch in Hirschhagen vorzufinden sind. Auch bei der Produktion spielte Nitropenta eher eine untergeordnete Rolle.

**TNT** ist die Abkürzung für 2,4,6-Trinitrotoluol. Die korrekte Bezeichnung nach IUPAC ist 2,4,6-Trinitromethylbenzen. Andere Namen sind Tri, Trolyl, AN, FP-02, Tol, Tolite, Tritol, Trisol und Tutol. Die allgemeine Summenformel ist  $C_7H_5N_3O_6$  bzw.  $C_6H_2(CH_3)(NO_2)_3$ . Es setzt sich zusammen aus einem Benzolring, einer  $CH_3$ -Gruppe und drei Nitrogruppen ( $NO_2$ ). 1865 wurde es zum ersten mal von Joseph Willbrand synthetisiert. Allerdings bemerkte man erst 1890, wie gut sich TNT als Sprengstoff eignet. Seitdem ist es einer der meistverwendetsten und wichtigsten Sprengstoffe im militärischen, wie im gewerblichen Bereich. TNT hat eine Schmelztemperatur von  $80,8^\circ C$  und liegt meist als in Form von Kristallnadeln oder einer weißen bis gelblichen kristallinen Masse vor. Sein Siedepunkt, genauer die Temperatur bei der die Zersetzung von TNT beginnt, liegt bei  $300^\circ C$ . Es wird häufig zur Füllung von Granaten und Bomben verwendet. Es ist hydrophob und somit schlecht in Wasser und gut in Stoffen wie Ether, Aceton, Benzen und Pyridin löslich. Die Dämpfe, die es aussondert, sind giftig und können zu Gesundheitsschäden führen. Eine Vergiftung mit TNT kann Symptome wie „Gastroenteritis mit Erbrechen, Durchfällen, Leberschädigungen [und] aplistische Anämie<sup>12,13</sup> hervor rufen. An der Haut kann es allergische Reaktionen sowie die Verfärbung in eine leuchtend gelb-orange Farbe herbei führen. Die Warnhinweise für TNT sagen aus, dass es explosionsgefährlich, sehr giftig, und umweltgefährdend ist. Es hat eine Detonationsgeschwindigkeit von  $6900m \times s^{-1}$ . Die Stärke der Detonation verschiedener Sprengstoffe wird oft mit TNT verglichen, so wie sich auch der Toxizitätsäquivalenzfaktor (also der Giftigkeitsgrad) meist an TNT orientiert.

---

<sup>12</sup> Anämie (lat.) = Blutarmut (Verminderung des Hämoglobins/ der roten Blutkörperchen im Blut)

<sup>13</sup> Mutschler, Ernst: Arzneimittelwirkungen, Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie, S. 787 und 862

Summenformel von TNT:<sup>14</sup>Summenformel von TNP:<sup>15</sup>

**Pikrinsäure**, wie 2,4,6-Trinitrophenol (TNP) mit Trivialnamen bezeichnet wird, hat auch die lateinischen Namen Acidum picricum und Acidum picronitricum und seine Summenformel lautet  $C_6H_3N_3O_7$ . Es baut sich auf aus einem Benzolring mit einer OH-Gruppe und drei Nitrogruppen:  $C_6H_2(OH)(NO_2)_3$ . Vom chemischen Aufbau betrachtet unterscheidet sich Pikrinsäure nur durch die Hydroxylgruppe, die es anstelle der Methylgruppe in TNT hat. Bei Zimmertemperatur liegt sie in blassgelber, geruchloser, glänzender Kristallform vor, die einen bitteren Geschmack hat, woher wohl auch der Name kommt, denn griechisch pikros bedeutet bitter. Der Schmelzpunkt liegt bei 122,5 ° C. Pikrinsäure ist nur in siedendem Wasser und ansonsten in hydrophoben Stoffen, wie Benzol löslich. Ihre Salze werden Pikrate genannt. Sie ist mit einem  $pK_s$  - Wert von 0,22 eine sehr starke Säure und zudem sehr explosiv. Sie hat eine Detonationsgeschwindigkeit von 7.100 m/s (circa 10 % höher als die von TNT). Metalle und Pikrinsäure können unkontrolliert zu hochexplosiven Schwermetallpikraten reagieren und man bevorzugte daher ab dem 2. Weltkrieg TNT als Sprengstoff. Trinitrophenol wird zu unterschiedlichen Zwecken verwendet. In der angewandten Medizin verwendete man es als Adstringens<sup>16</sup> und zum desinfizieren von Wundflächen. In der Chemie nimmt man es zum Beispiel in der Analyse um Eiweiß nachzuweisen. Als Reagens kann man es zur Identitätsprüfung und zur Blutzuckerbestimmung einsetzen. Technisch wird es verwendet zum Färben von Wolle, Seide und Glas, als Fungizid und vor allen Dingen auch als Explosivstoff, wie z. B. in Schießpulver oder als Zündung. Es kann für niedere Tiere stark toxisch sein und ist für Menschen ab einer Menge von 2-10g tödlich. Die Haut färbt sich durch Pikrinsäure gelb.<sup>17</sup>

<sup>14</sup> Manske, Magnus: Image: TNT.png, 24. Januar 2003, Online in Internet: URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Image:TNT.png#file>, [Stand 16.04.06]

<sup>15</sup> Edagr181: Image: Picric acid.png, 2. März 2006, Online in Internet: URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Picric\\_acid.png](http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Picric_acid.png), [Stand 16.04.06]

<sup>16</sup> zusammenziehendes, Blutungen stillendes Mittel

<sup>17</sup> de Gruyter, H.P.T. Ammon Walter: Hunnius, Pharmazeutisches Wörterbuch, 9. Auflage 2004

## 3.2 Produktion von TNT und TNP am Beispiel Hirschhagen

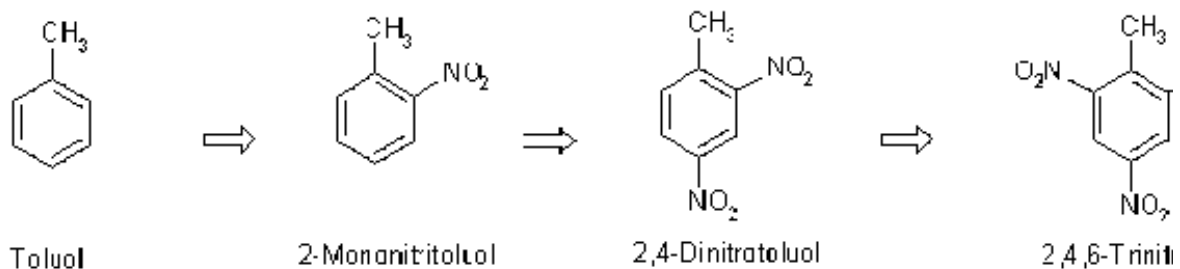
### 3.2.1 Herstellung von TNT

Seit der Entdeckung von TNT als Sprengstoff 1890 benutzte man Toluol als Ausgangsstoff für die Herstellung von TNT. Das Toluol gewann man mühsam und in geringen Mengen aus Steinkohlenteer, der bei der Koksgewinnung entsteht. Während des 2. Weltkriegs konnte Toluol effektiver und daher in größeren Mengen aus Erdöl gewonnen werden und man produzierte Massen an TNT für Kriegszwecke. Heutzutage gewinnt man Toluol durch thermisches Cracken von Erdöl, wobei man aus Alkanen und Cycloalkanen Aromaten herstellt. So kann man aus Heptan Toluol gewinnen.

Zur Zeit des Dritten Reiches erfolgte die Herstellung von TNT aus Toluol in drei Schritten, der Mono-, der Di-, und der Trinitrierung. Toluol (Methylbenzol) wurde durch Schwefelsäure in drei Schritten nitriert.

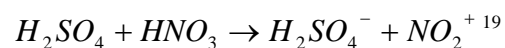
#### Schrittweise Nitrierung von Toluol<sup>18</sup>

Abb. 2



#### a) Die Mononitrierung

Zur Mononitrierung füllte man Toluol und die Nitriersäure in einen Mischtank. Danach wurde sie auf neun Tanks verteilt. Die Nitriersäure bestand aus 1/3 Schwefel- und 2/3 Salpetersäure. Die Schwefelsäure sorgt dafür, dass die Salpetersäure polarisiert und protoniert wird.



Die nun positiv geladene  $NO_2^+$ -Gruppe (nun  $NO_2^+$ ) ist elektrophil und somit ist die Nitriersäure eine stärkere Säure als die reine Salpetersäure und greift an einem C-Atom des Toluols an. Theoretisch möglich wären fünf verschiedene C-Atome, an denen das

$NO_2^+$  angreifen könnte (das C-Atom Nr. 2,3,4,5 und 6), wobei 2 und 6 und 3 und 5 aus Symmetriegründen das gleiche Endprodukt ergäben. Daher sind drei Stellungen möglich, die am 2. C-Atom (ortho-Stellung), am 3. C-Atom (meta-Stellung) und die am 4. C-Atom (para-

<sup>18</sup> ChemgaPedia: Analytik von Rüstungsaltslasten, o.J., Online in Internet: URL: <http://www.chemgapedia.de/vsengine/printvlu/vsc/de/ch/3/anc/altlasten/analytik.vlu.html>, [Stand 18.04.06]

<sup>19</sup> Vgl. Sörn: Bild:Nitriersäure.png, 12.08.2005, Online in Internet: URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Nitriers%C3%A4ure.png>, [Stand 18.04.06]

Stellung). Die Entstehung des gewünschten 2- und 4- Mononitrotoluol (kein Substituent am 3. C-Atom) wird dadurch gewährleistet, dass die Methylgruppe einen +I-Effekt auf das Molekül auswirkt und 2- und 4- Mononitrotoluol somit wahrscheinlichsten und stabilsten sind. Die höhere Wahrscheinlichkeit zu entstehen hat davon das 2-Monotoluol.

Die Reaktion erfolgt unter großer Hitzeentwicklung und muss daher mit Kühlwasser auf 35 – 40°C gekühlt werden. Sie dauert acht Stunden. Danach wird das Gemisch mit Luft in Separatoren gedrückt, damit sich das Rohmonotoluol von der Restsäure trennt. Von der Restsäure setzt sich nach ein paar Tagen noch Monotoluol ab, das wieder der Nitrierung zugeführt werden kann. Ansonsten wird sie in einer Denitrierungs- und Konzentrationsanlage zur Wiederverwendung aufgearbeitet. Das Rohmonotoluol brachte man zur Reinigung in Waschwasser, wo es mit Ätznatron neutralisiert wurde, um Verunreinigungen durch Toluol und Benzol durch Kondensation zu entfernen, die dann der nächsten Mononitrierung zugeführt wurden. Das Monotoluol wurde daraufhin zwischengelagert bis es der Dinitrierung zugeführt werden konnte.<sup>20</sup>

#### b) Die Dinitrierung

Bei der Dinitrierung kommen zuerst das saure Monotoluol, 98 %ige Salpetersäure und zusätzlich die Abfallsäuren aus der Trinitrierung in einen Kessel. Das Monotoluol wird ähnlich wie bei der Mononitrierung durch die Säure nitriert. Allerdings haben jetzt zwei Substituenten, die Methylgruppe und die Nitrogruppe, einen Einfluss auf die nächste Reaktion an einem C-Atom, da die Nitrogruppe nun zusätzlich mit einem –I-Effekt und –M-Effekt auf die benachbarten Atome wirkt. Am wahrscheinlichsten ist die Reaktion am 6. und danach am 4. C-Atom. So entsteht 2,4- und 2,6-Dinitrotoluol. Nach der Nitrierung mischt man in einem Verdünnkessel Wasser hinzu damit die Säure abgetrennt und bei der nächsten Dinitrierung wiederverwendet werden kann.<sup>21</sup>

#### c) Die Trinitrierung

In den Trinitriergebäuden standen acht bis neun Kessel, in die das DNT und eine Mischsäure aus 24 % Nitriersäure und 80%iger schwefeliger Säure für acht Stunden gegeben wurden. Die Temperatur hier war höher. Sie betrug etwa 82 bis 100°C. Zum Schluss lagen zwei Phasen vor, das Trinitrotoluol und die Säure. Die Säure wurde nach einer Reinigung der nächsten Dinitrierung zugeführt. Das TNT wurde in einem Kessel mit 96 %iger Schwefelsäure von der restlichen Salpetersäure getrennt und kam dann zur weiteren Reinigung.

---

<sup>20</sup> Vgl. a) Espelage, Gregor: „Friedland“ bei Hessisch Lichtenau II, S. 50 f.

b) Wikipedia: Trinitrotoluol, o.J., Online in Internet: URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Trinitrotoluol>, [Stand 18.04.06]

<sup>21</sup> Vgl. Ebenda

Die induktiven, so wie die mesomeren Effekte sorgen bei der Trinitrierung dafür, das die dritte Nitrogruppe möglichst weit entfernt von den beiden anderen reagiert und somit entsteht hauptsächlich 2,4,6-Trinitrotoluol.

#### d) Die Weiterverarbeitung des TNT

Das nun entstandene Rohnitrotoluol besteht zwar zum größten Teil aus dem symmetrischen 2,4,6- Trinitrotoluol, auch „A-Tri“<sup>22</sup> genannt, aber nicht ausschließlich. Es liegen noch zwei weitere Isomere des TNT vor, die nun im Waschhaus abgetrennt wurden. Dazu vermischte man das TNT mit Wasser und Natriumhydrogencarbonat. Das TNT wurde neutralisiert und bildete ein Lösung. Es wanderte teilweise über Kühlkessel, teilweise direkt in einen weiteren Reaktionskessel, wo die zwei nicht symmetrischen Isomere des TNT mit einer hinzugefügten Natriumsulfidlösung zu Nitraten reagierten.

Im Trockenhaus musste das gereinigte, flüssige Trinitrotoluol daraufhin in Kesseln durch circa 90°C heiße Luft getrocknet werden. Durch Luft, die von unten in den Kessel gelassen wurde und als Blasen in der TNT- Masse aufstieg, wurden noch die letzten Reste des Wassers entfernt.

Um es aufzubewahren, weiter zu verwenden oder zu transportieren, granuliert<sup>23</sup> man das TNT. Hierzu musste es wieder geschmolzen werden, um dann eine Granuliertrommel hinein zu tauchen, an der sich das TNT absetzte und von der man es dann abkratzen und in Kisten verpacken konnte. Diese Kisten wurden nun gelagert, für Zünd- und Sprengladungen gepresst oder in Minen und Bomben gefüllt.<sup>24</sup>

### 3.2.2 Herstellung von TNP

Pikrinsäure kann durch die zweifache Nitrierung von Phenol oder die einfache Nitrierung von Dinitrophenol mit Salpetersäure hergestellt werden. Die Munitionsfabrik Hirschhagen bekam das Dinitrophenol als Ausgangsstoff geliefert und stellte dann in einer weiteren Reaktion in zwei verschiedenen Produktionsanlagen das Trinitrophenol her. Hierzu wurde das TNP ähnlich wie bei der Herstellung des TNT mit einer Mischsäure vermengt und während einer Reaktionszeit von acht Stunden auf 122°C erhitzt. Zum Abkühlen auf 15°C wird es in andere Kessel überführt und mit Wasser vermengt, wobei dann das TNP zu Kristallen ausfällt. Diese werden in einer Zentrifuge abgetrennt und zur Reinigung mit destilliertem Wasser in ein Waschhaus weiter geleitet, zur Abtrennung des Wassers zentrifugiert und zum Trocknen in die Trockenhäuser geleitet. Getrocknet wurde die Pikrinsäure einen Tag lang durch circa 100°C

---

<sup>22</sup> Espelage, Gregor: „Friedland“ bei Hessisch Lichtenau II, S. 51

<sup>23</sup> granulieren= verarbeiten zu Körnchenform

<sup>24</sup> Vgl. Espelage, Gregor: „Friedland“ bei Hessisch Lichtenau II, S. 51

heiße Luft. Anschließend granuliert man sie im Siebhaus und lagerte bzw. presste sie zu Zünd- und Sprengladungen.<sup>25</sup>

### **3.3 Schadstoffausstoß und seine akuten Auswirkungen auf Fabrikarbeiter und Umwelt**

#### **3.3.1 Die Abfallsäuren**

Die bei der Produktion von TNT und Pikrinsäure anfallenden Abfallsäuren wurden hauptsächlich aus Sparmaßnahmen in Denitrierungs- und Konzentrationsanlagen, ab 1943 auch in Spalt- und Kontaktanlagen wieder aufgearbeitet. Ziel war es aus der Mischsäure Schwefel- und Salpetersäure zurück zu gewinnen. Mit Hilfe von Druckdampf trennte man 70 %ige Schwefelsäure von der restlichen Säure. Durch Kondensation gewann man aus der Restsäure 50 %ige Salpetersäure zurück. Die dabei auch noch entstandenen Stickoxide wurden an die Atmosphäre abgegeben. Die Konzentrationsanlage diente dazu, die 50 %ige Salpetersäure zu 98-99 %iger Salpetersäure und 70%ige Schwefelsäure zu 96 %iger Schwefelsäure zu konzentrieren. Teile der Säuren wurden auch mit der Bahn verschickt. Da dies aber zunehmend Probleme bereitete, da nicht genügend Wagen zur Verfügung standen und die Rohstoffzufuhr knapp war, verwandte man zusätzlich ein neues Verfahren zur Wiedergewinnung von Nitriersäuren aus Abfallsäuren. In der Spaltanlage wurde die Schwefelsäure zuerst in Schwefeldioxid aufgespaltet und in der Konzentrieranlage mit Sauerstoff zu Schwefeltrioxid reagiert. Mit 96 %iger Schwefelsäure entstand daraus Oleum, eine „stark rauchende 106 %ige Schwefelsäure“<sup>26</sup>.

#### **3.3.2 Die Abwässer und ihre Auswirkungen**

Die meisten Abfälle entstanden bei Reinigung des Rohtrinitrotoluols, wenn es mit Laugen gewaschen wurde und von Abfallsäuren und anderen Stoffen getrennt wurde. Sie bestanden hauptsächlich aus aromatischen Verbindungen wie Blausäure und rochen nach Bittermandel. Sie waren „dunkelgelblich bis dunkelrot“<sup>27</sup> gefärbt. Teilweise waren sie heftig reagierende Stoffe.

Ein weiterer Produktionsschritt, bei dem viele und giftige Abwässer anfielen, war das Reinigen der Pikrinsäure im Waschhaus. Das Wasser, mit dem die Pikrinsäure gereinigt wurde, war zum Schluss voll von Chemikalien und stark reaktionsfähig. Es hatte ähnliche Eigenschaften wie die Pikrinsäure, d.h. es hatte einen niedrigen pH-Wert, schmeckte sehr sauer, färbte Haut und Haare gelblich und war in bestimmten Mengen toxisch.<sup>28</sup>

---

<sup>25</sup> Vgl. a) Espelage, Gregor: „Friedland“ bei Hessisch Lichtenau II, S. 53

b) Wikipedia: Pikrinsäure, o.J., Online in Internet: URL:  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Pikrins%C3%A4ure>, [Stand 16.04.06]

<sup>26</sup> Espelage, Gregor: „Friedland“ bei Hessisch Lichtenau II, S. 58

<sup>27</sup> Ebenda, S. 52

<sup>28</sup> Vgl. Ebenda, S. 54

Auch die Denitrierung und Konzentration der Abfallsäuren verursachte schadstoffreiche Abwässer. Diese waren gar nicht oder nur gering gefärbt, da sie keine Aromaten, sondern Schwefelsäure, Salpetersäure und teilweise „phenolhaltige Abwässer“<sup>29</sup> durch die Energiegewinnung aus Braunkohle.

Die Entsorgung der Abwässer war allerdings kein Hauptthema für die Konstrukteure der Munitionsfabrik Hirschhagen und besonders kein Faktor, wofür man viel Geld und Zeit investieren wollte, obwohl jeden Tag circa 4000-5000cm<sup>30</sup> Abwässer anfielen. „Es gab damals kein Umweltbewusstsein, so wie wir es heute kennen, dass man versucht Arbeiter zu schützen, Umwelt zu schützen, Filteranlagen einzusetzen, solche Geschichten. ...ich gehe davon aus, dass die Chemiker gewusst haben, die Fachleute gewusst haben was diese Materialien machen.“<sup>31</sup> Relativ aufwendig und komplex war allerdings das Kanalsystem, das sich unter der ganzen Anlage hindurch zieht. Unterschiedliche Abwässer kamen in unterschiedliche Rohrsysteme, um chemische Reaktionen zu vermeiden und schwach von stark belasteten Abwässern einigermaßen zu trennen, da die starken Säuren zur Neutralisation geleitet wurden. Eine Kläranlage existierte erst seit 1941, drei Jahre nach Beginn der Sprengstoffproduktion.<sup>32</sup> Zur Neutralisation wurden zwei Gebäude gebaut. In Gebäude Nr. 317 neutralisierte man die Säuren mit Ätzkalk und in Gebäude Nr. 318 wurde dieses Gemisch dann gefiltert, was aber, wie sich später herausstellte, das TNT nicht abfilterte, da es sich löste oder mit dem Kalk als Verbindung durchgespült wurde. Die Schadstoffe, die von dem Filter abgehalten wurden, kamen auf eine aus heutiger Sicht unzureichend gesicherte Halde mit anderen Abfällen.<sup>33</sup> Die „gereinigten“ Abwässer leitete man in Flüsse wie zum Beispiel den Rohrbach, der gleich hinter der Neutralisationsanlage Nr. 317 verläuft, den Steinbach und weitere Kanäle, die allesamt in die Losse führten und zu ihrer Verunreinigung beitrugen. Dass die Chemikalien z. B. die Färbung der Losse und die Zersetzung der Mühlräder zufolge hatten, störte die Betreiber der Fabrik zuerst nicht, bis andere ortsansässige Unternehmen und Personen auf Schadensersatz zu klagen angingen. So zahlte man in den Jahren 1941/42 260.731 RM an Geschädigte und auch in den folgenden Jahren 42 und 43 und 44 und 45 um die 100.000.<sup>34</sup> Die Losse fließt letzten Endes bei Kassel in die Fulda und verunreinigte zusätzlich dieses Gewässer. Um die Umgebung und die Losse zu entlasten, baute man ab 1940 den „Kasseler Kanal“, der bei Kassel in die Nieste mündete und somit die Abwässer wieder in die Fulda leitete. Auch, dass einige Trinkwasserbrunnen der Stadt Hessisch Lichtenau in Hirschhagen gelegen waren, hielt die Verantwortlichen nicht davon ab die Sprengstofffabrik zu errichten. 1941 musste ein Brunnen

---

<sup>29</sup> Espelage, Gregor, „Friedland“ bei Hessisch Lichtenau II, S. 56

<sup>30</sup> Vgl. Ebenda, S. 74

<sup>31</sup> Anhang: Interview mit Oliver Hamann, S. 2

<sup>32</sup> König, Wolfram und Schneider, Ulrich: Sprengstoff aus Hirschhagen, S. 75

<sup>33</sup> Espelage, Gregor: „Friedland“ bei Hessisch Lichtenau II, S. 74 f.

<sup>34</sup> König und Schneider: Sprengstoff aus Hirschhagen, S. 72

geschlossen werden, durch den man die Werksarbeiter versorgt hatte, weil das Hygieneinstitut Marburg eine Verunreinigung feststellte.<sup>35</sup>

### **3.3.3 Gefahren durch Rauch und die Arbeit in der Sprengstofffabrik**

Belastet wurde die Umwelt nicht nur von Abwässern, sondern zudem durch Dämpfe und Rauch, die durch die Produktion verursacht wurden und den Wald, sowie die Menschen „färbten“ und schädigten. Bäume starben ab und färbten sich gelb und durch Abwässer oder Rauch entstanden riechende, gelbliche Pfützen im Wald. Die Menschen, die in der Produktion arbeiteten, waren besonders betroffen. In der Fabrik waren zwar viele Warnhinweise angebracht und man wies auf die Benutzung von Schutzkleidung hin, allerdings schienen sich die Betreiber der Fabrik nicht sonderlich für die Menschen zu interessieren, weder die deutschen, durch den RAD verpflichteten, Arbeiter und schon gar nicht für die Zwangsarbeiter. Dies kann man daraus schließen, dass keiner bzw. unzureichend Konsequenzen aus den vielen Verletzungen und Krankheiten zog, da es wichtiger war so viel Munition wie möglich in kürzester Zeit herzustellen. „Die Menschen spielten hier oben keine Rolle.“<sup>36</sup> Die Arbeiter/innen waren den beißenden Dämpfen ständig ausgesetzt. Um Verletzungen und besonders Explosionen zu vermeiden, gab es recht strikte Anweisungen. Man durfte keine Schuhe mit Metall oder Schmuck tragen, nicht in den Räumlichkeiten essen, sollte Mundschutz und Handschuhe tragen und bei Gewitter verließ man die explosionsgefährdeten Gebäude. Ein Problem stellte sicherlich die Verständigung mit den ausländischen Arbeitern dar und auch, dass die meisten Arbeiter keine Ausbildung in ihrem Arbeitsfeld erhalten hatten. Ob nun, weil die Anweisungen nicht befolgt wurden, die Schutzmaßnahmen nicht reichten oder nicht gänzlich durchgesetzt und ermöglicht wurden, es kam immer wieder zu Verletzungen. Durch die Pikrinsäure erlitten die Arbeiter Haut- und Leberschädigungen. Die Haut der Arbeiter/innen färbte sich gelb-orange und wenn sie in Trupps von der Arbeit kamen oder zur Arbeit gingen, bezeichnete man sie wegen ihrer Hautfarbe als Papageien oder Kolibris. 1940 starben fünf Arbeiter an Gelbsucht, die, obwohl man es zu vertuschen versuchte, wohl durch ihre Arbeit erkrankten. Man reagierte darauf mit der Einstellung eines Werksarztes (für über 4000 Arbeiter), der die Ernährung zusammen stellen sollte und Untersuchungen durchführte, damit nur die Gesundesten für die belastende Arbeit in der TNT-Produktion eingesetzt wurden. Ein kritisches Auswahlverfahren konnte man sich de facto aber nicht leisten und nahm daher diese Beschlüsse nicht all zu genau, um die Produktion, nicht aber die Gesundheit der Arbeiter, sicher zu stellen. Viele Arbeiter litten auch unter Leberschäden und andere starben später an Krebs, der vermutlich auch durch die Arbeit mit Sprengstoffen hervor gerufen wurde. Die Gefährlichkeit der Arbeit bestand nicht nur in der dauerhaften Belastung, sondern auch in der Explosionsgefahr. Kleine Fehler oder Missgeschicke konnten schwerwiegende Folgen haben.

---

<sup>35</sup> Espelage, Gregor: „Friedland“ bei Hessisch Lichtenau II, S. 73

<sup>36</sup> Anhang: Interview mit Oliver Hamann, S. 2



Beispielsweise führte ein Gummihandschuh, der bei der Trinitrierung in einen Behälter gefallen war zu einem unlöschbaren Brand, der eine Explosion, den Tod von 82 Menschen und die Verletzung von vielen mehr zur Folge hatte. Kleinere Explosionen passierten so gut wie täglich in den Pressereien, die größeren Explosionen ereigneten sich in der TNT-Produktion und den Füllstellen. Auslöser der Explosionen waren Fehler der Arbeiter, die durch Druck und Hetze hervorgerufen wurden.<sup>37</sup> Die kleineren Explosionen in den Füllstellen entstanden beim Pressen von Pikrinsäure und Nitropenta, sobald die Hülsen etwas überfüllt waren, da der Druck ausreichte um diese beiden Stoffe zur Explosion zu bringen. Verzeichnet mit Todesopfern sind sechs größere Explosionen. Kurz nach Inbetriebnahme am 06.09.1938 flog die erste Nitrieranlage in die Luft. Die wohl schwerwiegendste Explosion, die sich am 31.03.1944 ereignete, schleuderte Gegenstände bis nach Fürstentagen und forderte 73 mit Namen verzeichnete, hauptsächlich aus Deutschland, Frankreich, Holland, Italien und der Sowjetunion stammenden Opfer.<sup>38</sup> Die Produktion und die Gebäude waren nur bedingt betroffen. Man hatte extra zwei Produktionsstellen entfernt von einander aufgebaut, damit die Fabrikation im Falle einer Explosion nicht gestoppt werden musste. Die Gebäude waren mit Wällen umgeben, die zwar auch der Tarnung dienlich waren, aber vor allen Dingen dafür sorgen sollten, dass sich die Druckwelle nach oben entwickelte. Der Rahmenbau der Gebäude war aus einem extrem stabilen Betongerüst, das meist stehen blieb. Fenster, Menschen und andere bewegliche Teile wurden hinausgeschleudert. Man versuchte die Produktion nach einem Unfall so schnell wie möglich wieder aufzunehmen.

Chemisch gesehen ist TNT eine homogener Sprengstoff, der, anders als bei Schwarzpulver, nur aus einer Art von Molekülen besteht. Kohlenstoff und Sauerstoff liegen nicht im Gemisch vor, sondern sind im gleichen Molekül gebunden. TNT ist relativ schlagunempfindlich. „wenn man jetzt einen Brocken TNT findet und da mit dem Feuerzeug ran geht, dann gibt es so ne kleine Flamme, die vor sich her glimmt, da passiert nichts oder wenn man auf den Brocken TNT mit einem Hammer drauf haut passiert auch nicht viel. Man braucht schon einen sehr starken Impuls um das TNT zur Explosion zu bringen.“<sup>39</sup> Das TNT musste komprimiert sein, d.h. es wurde in den Pressereien gepresst und in Granaten, bzw. Bomben gefüllt, um zu explodieren. Zudem musste es einen geeigneten Impuls geben, am wirksamsten waren hauptsächlich elektrische Impulse. Daher versuchte man auch in den Produktions- und Verarbeitungsgebäuden der Sprengstofffabrik Metallenes und somit Funkenschlag zu verhindern. Bei der Detonation entstanden dann unter anderem Kohlendioxid ( $CO_2$ ), Stickstoff ( $N_2$ ) und, da der Sauerstoffanteil im Verhältnis sehr klein ist, auch stark toxische

---

<sup>37</sup> Vgl. Espelage, Gregor: „Friedland“ bei Hirschhagen, S.196 ff.

<sup>38</sup> Vgl. Ebenda, S.377-382

<sup>39</sup> Anhang: Interview mit Oliver Hamann, S. 2

Stoffe, wie Kohlenmonoxid ( $CO$ ) und Zyanwasserstoffe<sup>40</sup> ( $HCN$ ), die an die Umwelt abgesondert wurden.

### **3.4 Wodurch entstanden die Altlasten?**

Ausschlaggebend für die flächenmäßige Verunreinigung von Boden und Grundwasser waren die Detonationen jedoch nicht. Viele verunreinigte und zum Teil stark toxische Abfälle fielen wie in 3.3 beschrieben bei der Produktion an. Man machte sich nur bedingt Gedanken über die Reinigung der Abwässer und verunreinigte somit vor allen Dingen das Grundwasser und die umliegenden Flüsse und Bäche. Weil der Rohrbach, der von Hirschhagen nach Waldhof fließt, zur Zeit der Rüstungsproduktion als Abwassergraben genutzt wurde und in den auf den Krieg folgenden Jahren Anwohner dieses Wasser und die Erde des Rohrbachs in ihren Gärten nutzen, waren auch 14 Grundstücke in Waldhof kontaminiert und mussten saniert werden. Wie ebenfalls in 3.3 b beschrieben besaß das Werk ein komplexes System an Kanälen, die teilweise viele bei der Sprengstoffproduktion anfallende Abfälle führten und daher Jahrzehnte später noch ganze Brocken an TNT enthielten. „Durch die verwendeten Dichtungsanstriche kam es ferner zu einer Belastung des Bodens mit polyzyklischen Kohlenwasserstoffen (PAK).“<sup>41</sup> Auch das Abdecken von Altlasten in den 70er und 80er Jahren durch Schleifschlamm und andere Industrieabfälle hatte keine positiven Auswirkungen, da es das Durchsickern von Regenwasser nicht verhinderte, sondern die Sanierung später zusätzlich erschwerte. Als Hauptursache für die große Menge an Rüstungsaltslasten in Boden und Grundwasser wird heute allerdings die Demontage genannt. Als Deutschland nach 1945 als Verlierer des Zweiten Weltkrieges stand und die alliierten Truppen (in der Umgebung um Hessisch Lichtenau waren es US-amerikanische Truppen) in Deutschland einmarschierten, war es ihnen ein verständlich wichtiges Anliegen die Munitionsproduktionsstätten funktionsuntüchtig zu machen. Dafür baute man die Kessel und Geräte oft unsachgemäß auseinander. Die Alliierten nahmen sich als „Reparationen“ wertvolle Gegenstände wie Kessel aus Kupfer und Stahl mit und entleerten die Behälter vorher in der Umgebung. Die meisten Gebäude sprengten sie daraufhin. Daher kommt es, dass in Hirschhagen fast überall, auch in reinen Waldgebieten, die bei der Sprengstoffproduktion oder dem Abbau der Sprengstoffe entstehenden toxischen Verbindungen im Boden zu finden sind.<sup>42</sup>

10 verschiedene Stoffe belasten in Hirschhagen den Boden. Darunter fällt das 2,4,6-Trinitrotoluol. Die anderen Stoffe sind bei der Produktion entstanden oder fallen bei dem natürlichen Abbau von TNT an. Unter ersteres fallen drei Isomere des Mononitrotoluols und

---

<sup>40</sup> auch Bläusäure genannt

<sup>41</sup> HIM: Bereich Altlastensanierung – HIM-ASG – Jahresbericht 2004, S. 17

<sup>42</sup> Vgl. HMULV, Hessen saniert...die Rüstungsaltslast Hessisch Lichtenau – Hirschhagen (DVD)

des Dinitrotoluols. Unter Zweiteres fallen Trinitrobenzol und zwei Isomere des Aminodinitrotoluols.<sup>43</sup>

---

<sup>43</sup> Vgl. Anhang: „Tabelle 3: Vereinbarte Toxizitätsäquivalenzfaktoren“

## **4. Sanierung der Rüstungsaltslasten**

### **4.1 Entdeckung von Verunreinigungen, erste Maßnahmen und Trinkwasserversorgung**

Nach der Besetzung durch die Alliierten im April 1945 und ihrer relativ schnellen und unsachgemäßen Demontage der Sprengstoffanlagen hatte das Ministerial Collecting Centre (MCC), das Akten der Nationalsozialisten sammelte, seinen Sitz in Hirschhagen. Seit 1947 siedelten sich unterschiedliche Betriebe in Hirschhagen an. 1951 wurde das Gelände der Industrieverwaltungsgesellschaft (kurz: IVG), die als Rechtsnachfolger der im Dritten Reich verantwortlichen Firmen (Rüstungsviereck) auftrat und dem Bund gehörte, zugeschrieben. Erst in den 60er Jahren, über 15 Jahre nach dem Ende der Munitionsfabrik, wurde man auf Verunreinigungen aufmerksam. 1963 entdeckte man das erste Giftbecken, da ein Hund dort hineingefallen und an den Folgen einer Vergiftung gestorben war. Dieses ehemalige Klärbecken wurde nicht sofort saniert. Man deckte es zuerst nur mit Brettern zu, eine Maßnahme, die die Giftstoffe nicht am austreten hinderte. 1964 agierte das Betonsteinwerk „Reolit“ an einer TNT- Rückstandshalde und schob sie auseinander, so dass man sie als unauffindbar erklärte. Ab 1965/66 verkaufte die IVG in erhöhtem Maße Grundstücke in Hirschhagen zu sehr niedrigen Preisen. 1967 entdeckte man zum ersten Mal Nitroaromaten im Trinkwasser aus den Brunnen im südöstlichen Bereich Hirschhagens. 1967 erhielt die Firma „Reolit“ die Genehmigung ihren Schleifschlamm auf der drei Jahre zuvor „verschwundenen“ TNT-Rückstandshalde zu lagern. Man dachte vielleicht, dass man durch das Zudecken die Giftstoff sicherte, was, wie man heute weiß, nicht der Fall war. Sickerwasser lief weiterhin durch den mit toxischen Stoffen durchsetzten Boden und gelangte ins Grundwasser und tiefere Erdschichten. In den Jahren 1970 bis 1973 bohrte man auf dem in Fürstenhagen liegenden Kirschenberg einen neuen Brunnen.<sup>44</sup> 1973 musste der Brunnen Hirschhagen III auf Grund eines Schadstoffgehalts von 6,7 ug/l stillgelegt werden. Zum Vergleich: Im späteren Gutachten des Bundesgesundheitsamtes (siehe auch weiter unten im Text) wurde der Maximalwert der nitroaromatischen Verbindungen auf 0,1 ug/l festgelegt. Wie aus dem Zeitungsartikel „Explosivstoff wird mit Gift gemischt“ der HNA vom 11.01.1977 hervorgeht, war damals bereits bekannt, dass zwei der vier Brunnen am Kirschenberg auch durch Sprengstoffabfälle belastet und deshalb bereits wieder abgeschaltet waren. Eine erste Verunreinigung dieser Brunnen war schon 1974 entdeckt worden. Die Verunreinigung der Kirschenbergbrunnen war verursacht durch die Pumpen des Tiefbrunnens, die Wasser aus der Umgebung, also auch von dem gleich nebenan liegenden Gebiet Hirschhagen, ansaugten. Des Weiteren beschreibt dieser Artikel, dass, 14 Jahre nach Entdeckung des Klärbeckens, Maßnahmen getroffen seien um den Schlamm aus der Klärgrube abzutransportieren. Man beschloss das flüssige Gemisch ab zu pumpen, zur Neutralisation und Verfestigung mit Kalk zu vermischen und auf eine Deponie in

---

<sup>44</sup> Vgl. Extra Tip: „Hirschhagen: Eine unendliche Geschichte?“, Zeitungsartikel vom 18.04.1984

Niedersachsen zu bringen, was innerhalb von 25 Arbeitstagen erledigt werden sollte.<sup>45</sup> Das Unternehmen kostete dem Land 433.000 DM. Im gleichen Jahr entdeckte man weitere mit Chemikalien belastete Becken, deren Entleerung 1984 in Angriff genommen wurde. Ein Gutachten des Bundesgesundheitsamtes vom 31.03.1980 fordert, dass „das gesamte kontaminierte Rohwasser besser als bisher aufbereitet werden müsste.“<sup>46</sup> Zudem sollten alle vier Wochen Proben genommen und aufgezeichnet werden. Auf längere Sicht sollte allerdings die Versorgung mit Trinkwasser durch alternative Quellen gewährleistet werden.<sup>47</sup> Im Vorfeld zu diesem Gutachten fanden Analysen statt, die sich als sehr schwierig herausstellten, „weil es sich hier um Stoffe handelt, über die im Zusammenhang mit Gewässerverunreinigung in der wissenschaftlichen Literatur keinerlei Anhaltspunkte vorliegen.“<sup>48</sup> 1981 waren die Anlagen so weit ausgerüstet, dass Aktivkohlefilter das Trinkwasser für Hessisch Lichtenau filterten. Im nächsten Jahr beschloss die Stadtverordnetenversammlung die Erhöhung des Trinkwasserpreises auf 3 DM pro Kubikmeter, da der Stadt die Beschaffung von Trinkwasser zunehmend mehr Geld kostete. 1983/84 veröffentlichten die damaligen Studenten Wolfram König und Ulrich Schneider eine Diplomarbeit mit dem Titel „Sprengstoff aus Hirschhagen“, die sich sowohl mit der Geschichte als auch der Hinterlassenschaft der Sprengstofffabrik beschäftigte.<sup>49</sup> Zwar waren für die Behörden die Informationen der Diplomarbeit größtenteils nicht neu, aber für viele Bürger. So wurde zum Beispiel erstmals durch eine sich entwickelnde Bürgerinitiative und die Medien Druck ausgeübt. Dieser führte möglicherweise zu weiteren Investigations- und Sanierungsmaßnahmen von Seite der Parteien und Behörden. Mit der Beseitigung von den während der Rüstungsproduktion mit Schleifschlamm neutralisierten Chemieabfällen, die sich in einer weiteren ehemaligen Kläranlage befanden, begann man Ende des Jahres 1984. Sie wurden entwässert und auf eine Sondermülldeponie in Hoheneggelsen/Niedersachsen gebracht. Die Kosten, die auf 670.000 DM veranschlagt waren, diese Zahl, wie zu vermuten ist, letztendlich aber überstiegen, trug diesmal die IVG.<sup>50</sup> Die Bürgerinitiative veranstaltete im Februar 1985 ein erstes und im September ein zweites „Hearing“ um betroffene oder interessierte Bürger durch Experten zu informieren. Am 28.08.86 stattete der damalige hessische Umweltminister Joschka Fischer dem Gelände Hirschhagen einen Besuch ab. Man hoffte damals bald mit gezielten Sanierungsmaßnahmen beginnen zu können. Mit Hilfe von Plänen und Luftbildern hatte man bereits versucht mögliche Kontaminationsherde festzustellen, die 1986 in einem Gutachten dargelegt wurden.<sup>51</sup> Ein Gutachten des

---

<sup>45</sup> Vgl. Werra Nachrichten: „Gefährlicher Stoff wird beseitigt“, Zeitungsartikel vom 19.01.1977

<sup>46</sup> Bundesgesundheitsamt: „Wasserversorgung von Hessisch Lichtenau und Helsa; hier Verunreinigung durch nitrotoluolhaltige Stoffe“, S. 5, Gutachten vom 13.03.1980

<sup>47</sup> Vgl. Ebenda, S. 6

<sup>48</sup> Ebenda, S. 3

<sup>49</sup> für näheres, siehe Literaturverzeichnis

<sup>50</sup> Vgl. HNA: „Giftschlamm wird nun beseitigt“, Zeitungsartikel vom 25.10.84

<sup>51</sup> Vgl. Hessisches Ministerium für Umwelt und Energie, Pressemitteilung: Neue Sanierung beginnt: Umweltminister vor Ort in Hirschhagen, Wiesbaden den 28.08.86

Wasserwirtschaftsamtes von 1988 verdeutlichte noch einmal, dass Hessisch Lichtenau eine weitere Trinkwasserzufuhr benötigte, die dann durch eine Quelle am Querenberg in Großalmerode sichergestellt wurde.<sup>52</sup> Diese Quelle versorgt auch heute noch Hessisch Lichtenau und einige seiner Ortsteile.

#### **4.2 Das Kanalsystem**

Das alte Kanalsystem, wie in Kapitel 3.3b und 3.4 beschrieben, wurde durch die Abwässer der Rüstungsproduktion stark verunreinigt. Bauarbeiten in den Jahren 1974 bis 1987 sorgten dafür, dass das in Hirschhagen entstandene Industriegebiet ein neues Kanalsystem erhielt. Für den Straßenbau und die Wasserversorgung gab das Land Hessen circa 3,6 Mio. DM aus. Das Kanalsystem erreichte noch nicht alle Teile Hirschhagens und andere Abwässer mussten daher über einen 1988 gebauten Verbindungskanal in die Kläranlage Fürstehagen geleitet werden.<sup>53</sup> Nun begann man das 35 km lange, alte Kanalsystem zu reinigen, da es unter anderem einige Leckagen aufwies und deshalb dazu beitrug den Boden mit Munitionsrückständen zu verunreinigen. 1992 stellte man diese Sanierungsmaßnahmen vorläufig ein, aus Angst eine Explosion des in hauptsächlich in reiner Form vorliegende TNTs durch den Hochdruckwasserstrahl herbei zu führen. Da sich diese Befürchtungen als nicht gerechtfertigt erwiesen, wurde die Kanalreinigung durch Hochdruckreiniger 1995 wieder aufgenommen. Heute ist die Kanalreinigung fast gänzlich abgeschlossen und ein Großteil der Kanäle stillgelegt oder bei der hydraulischen Sicherung eingesetzt.<sup>54</sup> In einige Kanäle, die unter dem Grundwasserspiegel liegen, sammelt sich Wasser, das der Wasseraufbereitungsanlage zugeführt wird.

#### **4.3 Die hydraulische Sicherung**

Seit 1988 besteht in Hirschhagen eine Wasseraufbereitungsanlage (WAA). Sie bestand zuerst nur in Projektform. 1993 wurde sie erweitert, so dass sie 36 cbm Wasser pro Stunde reinigen konnte, das war dreimal soviel wie zuvor. 2002 baute man eine neue Anlage, die seit Herbst 2003 in Betrieb ist und 55 cbm Wasser/h aufbereiten kann. Die hydraulische Sicherung funktioniert so, dass an verschiedenen Orten in Hirschhagen, besonders an Stellen, wo immer noch eine große Bodenverunreinigung vorhanden ist, Pumpen installiert wurden, die Grundwasser abpumpen und der Wasseraufbereitungsanlage zuführen. Sie pumpen jährlich 200.000 cbm Wasser.<sup>55</sup> 1993/94 wurde auch ein Pilotversuch zur Reinigung von Grundwasser mit Mikroorganismen durchgeführt. Die Mikroorganismen bauten die Nitroaromaten zu 95 %

---

<sup>52</sup> Vgl. Schneider, Ulrich: Sanierung der Rüstungsalast Hirschhagen, S. 14

<sup>53</sup> Vgl. Ebenda, S.18 f.

<sup>54</sup> Vgl. a) HMULV: Hessen saniert (DVD)

b) HIM-ASG: Sanierung des Rüstungsalaststandortes Hessisch Lichtenau – Hirschhagen/ Waldhof, 1995/96 (Video)

<sup>55</sup> Vgl. HMULV: Hessen saniert (DVD)

ab, also ein gelungenes Projekt, das aus Kostengründen im Endeffekt nicht zum Einsatz kam.<sup>56</sup> Durch ein Grundwassermonitoring wird das Grundwasser in Hirschhagen ständig beprobt und man konnte in den vergangenen Jahren eine deutliche Verbesserung feststellen.

#### **4.4 Bodensanierung**

##### **4.4.1 Gezielte Erkundungsmaßnahmen**

Vor 1992 hatte man in Hirschhagen nur Teilsanierungen vorgenommen. Die sogenannten „Hot Spots“, Orte, wo man eine hohe Konzentration von toxischen Stoffen erwartete oder entdeckt hatte, waren erkundet und zum Teil saniert worden. Bis 1992 wuchs auch die Schleifschlammhalde, da dort verschiedenste Abfälle abgeladen wurde. Die HNA veröffentlichte im März 1992 „Kasseler Regierungspräsidium will die Erweiterung einer Schleifschlammhalde in Hirschhagen genehmigen, das Wiesbadener Umweltministerium hat das an Auflagen geknüpft.“<sup>57</sup> Der Schleifschlamm warf später bei der Sanierung zusätzliche Probleme auf. Bereits in 1986/87 erfolgte die erste, punktuelle Bodenbeprobung durch das in Kassel ansässige Unternehmen „König und Schneider“. Es war durch das Kasseler Regierungspräsidium damit beauftragt worden und konnte die Vermutung bestätigen, dass das Areal großflächig toxisch belastet ist und eine Umweltgefährdung darstellt. 1987 beschloss das Hessische Umweltministerium das Gelände sanieren zu lassen. Zu Beginn des Jahres 1992 hatte das Regierungspräsidium Kassel die HIM-ASG mit der Sanierung Hirschhagens beauftragt. Im Jahr 1992 gab das Land Hessen allein 7 Millionen DM für Sicherheits- und Erkundungsmaßnahmen aus, ohne mit den Sanierungsmaßnahmen begonnen zu haben.<sup>58</sup> Es begann eine „modellhafte Erkundung“<sup>59</sup>, die von 1992 bis 1993 statt fand, zu der auch die Untersuchung von Nutzgärten in 1992 zählte. Man entnahm Bodenproben aus etwa 50 Gärten und entdeckte 14 Grundstücke mit einer Konzentration von Nitroaromaten mit mehr als 2 mg/kg Boden, in vier davon überstieg die Konzentration sogar 10 mg/kg. In 90 % aller Proben war eine Belastung, wenn auch meist gering, fest zu stellen. 1993 bis 1995 erfolgte eine orientierende Flächenerkundung, der vertiefende Erkundungen (1997-2002) und dann Sanierungsuntersuchungen (ab 1999) folgten. Die Sanierungsuntersuchungen bestanden aus der Entnahme von Tausenden von Bodenproben im Abstand von 50 oder 100 Metern, die ergaben, dass etwa 1/3 aller Grundstücke in Hirschhagen sanierungsbedürftig waren.<sup>60</sup>

---

<sup>56</sup> Schneider, Ulrich - ASG Hirschhagen: Sanierung des Rüstungsaltsstandortes Hessisch Lichtenau-Hirschhagen / Waldhof, Informationsbroschüre, Oktober 1995, S. 26

<sup>57</sup> HNA: „Halde soll langsamer Wachsen“, Zeitungsartikel vom 21.03.1992

<sup>58</sup> HNA: „Die Sanierung beginnt erst später“, Zeitungsartikel vom 25.01.1992

<sup>59</sup> Schneider, Ulrich - ASG Hirschhagen: Sanierung des Rüstungsstandortes, Oktober 1995, S. 18

<sup>60</sup> Vgl. a) HMULV: Hessen saniert (DVD)

b) Im Anhang: Rüstungsaltsstandort Hessisch Lichtenau-Hirschhagen/Waldhof, Übersichtslageplan mit Messstellen der Untersuchungskampagnen

#### **4.4.2 Die Bodensanierung beginnt**

Die Sanierungsuntersuchungen waren die Grundlage für die flächenmäßige Sanierung des Bodens, die 1999/2000 begann. Das ganze Areal Hirschhagen wurde in Abschnitte unterteilt, die entweder nicht belastet sind oder, einem festgelegten Plan folgend, nacheinander saniert werden. Dazu wird der belastete Boden ausgehoben und in das EBL (das Einstufungs-/Bereitstellungslager) gebracht. Dieser Boden wird noch einmal beprobt. Die Analyse wird im *Vor-Ort-Labor* in Hirschhagen vorgenommen. Hier wird die Menge der zehn toxischen, im Boden enthaltenen Stoffe (s. auch 3.6) festgestellt. Da die Stoffe alle einen unterschiedlichen Giftigkeitsgrad besitzen (teilweise 150 mal so hoch wie TNT), den man durch den Toxizitätsäquivalenzfaktor<sup>61</sup> vergleichen kann, nimmt man die enthaltene Menge des einzelnen Stoffs mal den zugehörigen Faktor und addiert die Werte der 10 Verbindungen.<sup>62</sup> Für private Grundstücke darf diese Summe nicht höher als 20 mg/kg TNT-TE<sup>63</sup>, für gewerblich genutzte Grundstücke nicht höher als 40 mg/kg TNT-TE und für brachliegende Grundstücke (meist im Wald) nicht höher als 80 mg/kg TNT-TE sein.<sup>64</sup> Aufgrund dieser Analyse wird entschieden, was mit dem Boden geschehen soll. Ist der Boden nicht oder nur gering belastet kann er in Hirschhagen oder an einem anderen Ort wieder eingebaut werden. Belasteter Boden wird saniert. In Hirschhagen werden drei Verfahrensweisen genutzt. Zum einen die qualifizierte Sicherung<sup>65</sup>. Sie kann nur bei brachliegenden Arealen, wie z. B. der Schleifschlammhalde, angewendet werden. Der Boden verbleibt dabei am Ort. In diesem Fall wurden über den Schleifschlamm Erdwälle geschüttet und auf die nun relativ ebene Fläche wurde eine wasserdichte Folie gelegt, die Regenwasser davon abhalten soll durch zu sickern und toxische Stoffe auszuwaschen. Eine weitere Verfahrensweise ist es die hochbelasteten Böden thermisch zu verwerten. (s. auch 4.4.3). Als dritte Möglichkeit werden Böden, die nicht an Ort und Stelle verbleiben können, aber auch nicht zwingend notwendig gereinigt werden müssen, auf speziellen Deponien gelagert. Der „Sanierungsstatus Juni 2004“<sup>66</sup> kann anhand der Karte im Anhang begutachtet werden. Zu dem Zeitpunkt hatte man die zu sanierenden Grundstücke in Waldhof und circa 1/3 der zu sanierenden Grundstücke in Hirschhagen komplett saniert. Bis 2005 hatte man etwa die Hälfte aller sanierungsbedürftigen Flächen um Hirschhagen gereinigt. Ziel der HIM-ASG ist es, die Sanierung 2008 zum Abschluss zu bringen.

#### **4.4.3 Die thermische Verwertung**

Zur thermischen Verwertung wird der hoch belastete Boden aus Hirschhagen, der nicht dauerhaft gelagert werden darf, nach Bremen und Leipzig gefahren. Dort wird er bei einer

---

<sup>61</sup> Vgl. Anhang: „Tabelle 3: Vereinbarte Toxizitätsäquivalenzfaktoren“

<sup>62</sup> Vgl. Anhang: Interview mit Herrn Österreich, S. 3 f.

<sup>63</sup> Toxizitätsäquivalente die sich an TNT orientiert

<sup>64</sup> Vgl. Anhang: Interview mit Herrn Hamann, S. 4

<sup>65</sup> HMULV: Hessen saniert (DVD)

<sup>66</sup> Vgl. Anhang: HIM GmbH: Rüstungsaltsstandort Hessisch Lichtenau-Hirschhagen/Waldhof, Übersichtslageplan mit Status der Altlasten-Freistellung, Sanierungsstatus Juni 2004



Temperatur von circa 900° C (mindestens 850°C) verbrannt. Bei der Verbrennung entstehen unter anderem Kohlendioxid und Stickoxide. Die Schadstoffe, die in Form von Gasen bei der Verbrennung entstehen, werden durch Filter aufgefangen, um die Luft vor starken Emissionswerten zu bewahren. Die thermische Verwertung wird zur Gewinnung von Wärme und Strom genutzt. Außer Gasen entsteht auch Asche, tote, verbrannte Erde. Sie wird nicht wieder an den Standort (Hirschhagen) zurück gebracht, sondern zum Verfüllen von Tagebaulöchern genutzt.<sup>67</sup>

#### **4.4.4 Pilotprojekt: Mikrobiologische Sanierung:**

In den Jahren 1993 und 1994 wurde in Hirschhagen getestet, inwiefern Mikroorganismen Wasser von Nitroverbindungen reinigen können. Das Projekt war recht erfolgreich. Man erzielte einen 95 %igen Abbau der im Wasser enthaltenen Nitroaromaten. Trotzdem wurden weiterhin Aktivkohlefilter zur Grundwasserreinigung verwendet.<sup>68</sup> Von November 1994 bis Mai 1995 erprobte man die Bodensanierung mit Hilfe von Mikroorganismen. „Innerhalb von zwei Wochen, so berichtet Dr. Holger Stolpemann, haben die Kleinstlebewesen den Sprengstoffgehalt in dem Boden um 98 % verringert.“<sup>69</sup> Das Verfahren wurde ex-situ, also entfernt aus der normalen Umgebung, in Reaktoren durchgeführt. Der Erde wurden keine Mikroorganismen hinzugefügt. Man stimulierte die im Boden vorhandenen Mikroorganismen mit Wachstumssubstraten wie Glucose oder, weil diese sehr teuer ist, mit Melasse und Rindenmulch, da TNT sehr stabil ist und sich selber nicht als Wachstumssubstrat für Mikroorganismen eignet.<sup>70</sup> Die Bedingungen sollten relativ praxisnah sein, damit man das Verfahren auch in-situ, also an Ort und Stelle anwenden konnte.

Mikroorganismen sowie Pilze sind in der Lage TNT und ähnliche Verbindungen chemische zu verändern und an die Humusmatrix zu binden, so dass diese nicht mehr toxisch auf ihre Umwelt wirken können. Bisher ist es noch nicht gelungen TNT komplett zu mineralisieren, da es „chemisch inert“<sup>71</sup>, d.h. sehr stabil ist. In Hirschhagen wurde ein anaerob/aerob-Kompostierungsverfahren angewendet, bei dem Mikroorganismen TNT zu TAT (Triaminotoluol) reduzieren. Ein anderes Verfahren, das ausschließlich aerob ist, gelingt mit geeigneten Pilzen (z. B. dem Weißfäulepilz). TNT wird hierbei zwar schneller abgebaut und bis zu 50 % mineralisiert, die entstandenen Verbindungen sind allerdings nicht stabil genug, so dass immer noch eine potenzielle Gefährdung davon ausgeht. Beide Reaktionsreihen erfolgen nur cometabolisch, d.h. es wird zusätzlich ein Wachstumssubstrat (wie Glucose) für die Mikroorganismen benötigt. Das Wachstumssubstrat kann aus unterschiedlichen

---

<sup>67</sup> Vgl. Anhang: Interview mit Herrn Hamann, S. 5

<sup>68</sup> Vgl. Schneider: Sanierung des Rüstungsstandortes, S. 26

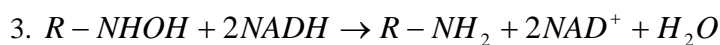
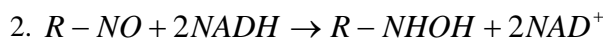
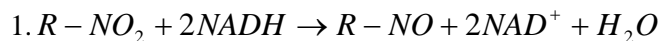
<sup>69</sup> Vgl. HNA: „Bakterien: Winter im Warmen“, Zeitungsartikel vom 07.02.1995

<sup>70</sup> Vgl. HNA: „Mit Zucker gegen Sprengstoff“, Zeitungsartikel vom 27.01.1995

<sup>71</sup> Anhang: Interview mit Herrn Österreich, S. 3

Kohlenhydraten bestehen, die als Kohlenstoff-, Stickstoff- und Energielieferant dienen.<sup>72</sup>

Primär wird bei beiden Verfahren jede Nitrogruppe des TNT in drei Schritten unter aeroben und anaeroben Bedingungen durch Nitroreductasen der Mikroorganismen/Pilze zu einer Aminogruppe reduziert. So wird 2,4,6-Trinitrotoluol in 2,4-Diamino-6-Nitrotoluol umgewandelt. Zuerst reagiert die Nitrogruppe des TNT mit zwei Nitroreductasen unter Abspaltung von Wasser zu NO. Im nächsten Schritt reagieren die Nitroreductasen mit der NO-Gruppe zu NHOH. Im dritten Schritt reagieren Nitroreductasen unter Abspaltung von Wasser zu einer Aminogruppe.<sup>73</sup>



Da jede der drei Nitrogruppen diese Reaktion durchläuft, gibt es grob gesehen drei Reaktionen. Zuerst entsteht aus Trinitrotoluol Aminodinitrotoluol und daraus Diaminonitrotoluol. Bis hier hin sind die beiden Verfahren gleich. Aminodinitrotoluol entsteht auch ohne menschliches Einwirken. Es kann daher als Abbauprodukt des TNT im Boden gefunden werden. Langfristig gesehen hat es sogar den gleichen Toxizitätsäquivalenzfaktor wie TNT.<sup>74</sup> Deshalb soll Diaminonitrotoluol weiter reduziert werden. Ab hier unterscheiden sich die Methoden. Triaminotoluol kann nur unter absolut anaeroben Bedingungen entstehen. Es reagieren wieder insgesamt 6 Wasserstoffatome der Nitroreductasen mit der einzigen verbliebenen Nitrogruppe des Diaminonitrotoluols unter Abspaltung von 2 Wassermolekülen zu einer Aminogruppe. (Siehe auch die Abbildung auf der folgenden Seite in der die Reduktion von TNT zu TAT für zwei Isomere des TNT dargestellt ist.) TAT wird fest an die Bodenmatrix gebunden und hat kein toxisches Potenzial mehr, dass eine Bedrohung für die Umwelt darstellen könnte. Bei der zweiten Methode, die unter aeroben Bedingungen durchgeführt wird, spalten „Liginolytische Enzyme“<sup>75</sup> DAT in  $CO_2, H_2O, NO_2^-$  und andere Verbindungen.

Das Forschungsprojekt zur Sanierung des Bodens durch Mikroorganismen musste im Frühjahr 1995 erst einmal beendet werden, da keine finanziellen Mittel mehr zur Verfügung standen. Es kam nie zur flächenmäßigen Anwendung des Verfahrens. „...das dauert ewig lange...Und es kostet halt haufenweise Geld.“<sup>76</sup> Dieses Argument wurde häufig benutzt um die Entscheidung für die thermische Verwertung und gegen das Verfahren mit Mikroorganismen zu erklären.<sup>77</sup>

Im Kontrast sagt Dipl. Ing. agr. Martin Weiß, die thermische Erhitzung sei das kostspieligste

---

<sup>72</sup> Weiß, Dipl. Ing. Martin: Bildung, Stabilität und Struktur gebundener Rückstände aus dem mikrobiellen Abbau von TNT im Boden, 2004, S. 16 (Dissertation)

<sup>73</sup> Vgl. Fritsche, Wolfgang: Umwelt-Mikrobiologie, Grundlagen und Anwendungen, 1998, S. 91

<sup>74</sup> Vgl. Anhang: „Tabelle 3: Vereinbarte Toxizitätsäquivalenzfaktoren“

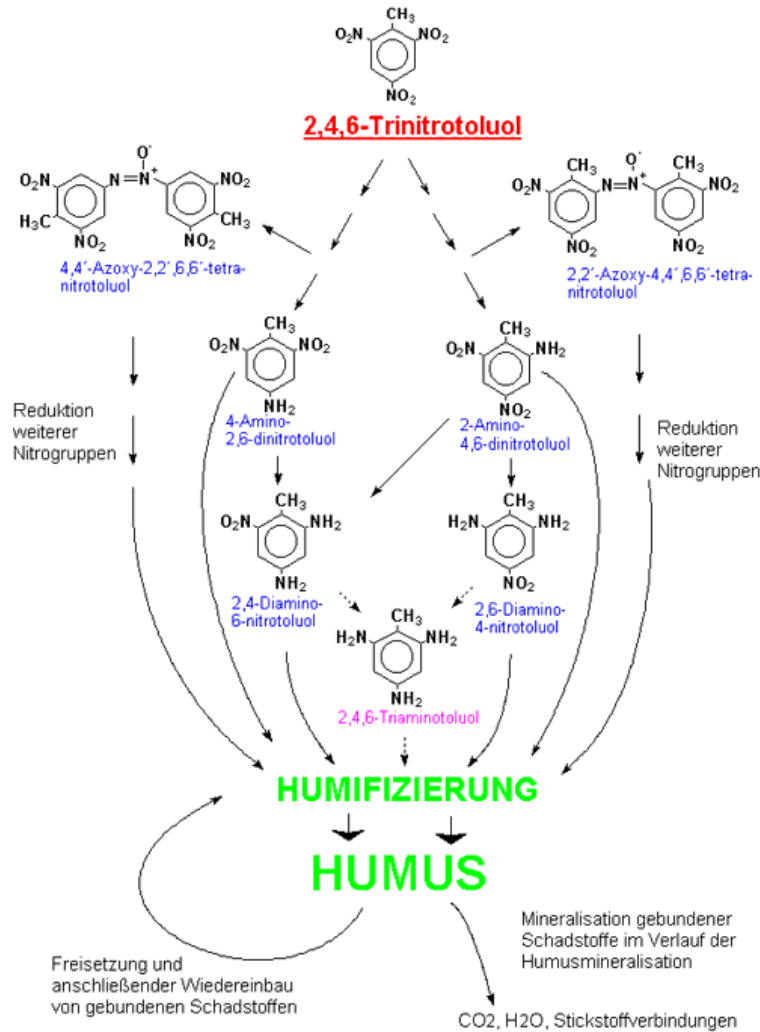
<sup>75</sup> Fritsche: Umwelt-Mikrobiologie, S. 91

<sup>76</sup> Anhang: Interview mit Herrn Oliver Hamann, S. 5

<sup>77</sup> Vgl. auch Anhang: Interview mit Herrn Österreich, S. 2

Verfahren.<sup>78</sup> Seiner Aussage nach kostet die Verbrennung  $740\text{€ t}^{-1}$ . Im Vergleich dazu belaufen sich die Kosten der Kompostierung auf  $250\text{ bis }300\text{€ t}^{-1}$  und des Slurry-Verfahrens (ein weiteres Bodensanierungsverfahren mit Mikroorganismen) auf  $230\text{ bis }270\text{€ t}^{-1}$ .<sup>79</sup>

### Mikrobiologische Transformation und Humifizierung von TNT:<sup>80</sup>



### 4.5 Verantwortliche Firmen und Kosten der Sanierung

1951 bekannte sich die dem Bund gehörende IVG als Rechtsnachfolger der im Dritten Reich an der Rüstungsproduktion beteiligten Unternehmen. Diese waren die OHL, die Montan Industrierwerke GmbH, die D.A.G. und die Verwertchemie. Sie bildeten das sogenannte Rüstungsviereck (s. auch 2.). Bei den ersten Maßnahmen, die nach der Entdeckung von verunreinigten Stellen getroffen wurden, hielt sich die IVG im Hintergrund und versuchte bald

<sup>78</sup> Vgl. Weiß: Bildung, Stabilität und Struktur gebundener Rückstände, S. 15 (Dissertation)

<sup>79</sup> Vgl. Ebenda, S. 17

<sup>80</sup> Uni Marburg: Bild: Mikrobiologische Transformation und Humifizierung von TNT, unter: Mikrobiologische Sanierung von Rüstungsaltslasten, 11.11.1998, Online in Internet: URL: <http://www.med.uni-marburg.de/stpg/ukm/lt/umwelthyg/ruest01.htm#abbau>, [Stand 01.05.2006]

die meisten Grundstücke zu verkaufen. Sie trug meines Wissens nur die Kosten für die Sanierung einer Kläranlage im Jahr 1984, die etwa 670.000 DM kostete<sup>81</sup> und schloss dann einen Vergleich mit dem Land Hessen. Durch den Vergleich 1990 wurde geregelt, dass die IVG einmalig 25 Millionen DM an das Land Hessen zahlte und das Land die weitere Verantwortung zu tragen habe. Bis jetzt kostete die Sanierung dem Land 60 bis 70 Millionen Euro bis 2008 werden wahrscheinlich noch einige weitere Millionen hinzu kommen. In den achtziger Jahren wurde das Unternehmen „König & Schneider“ mit der Untersuchung des Geländes Hirschhagen beauftragt. 1992 übergab man die Aufgabe an die Hessische Industriemüll GmbH (HIM) mit dem seit 1990 entstandenen Bereich Altlastensanierung (ASG). In deren Auftrag betreibt ARCADIS ein Projektbüro in Hirschhagen, überwacht die hydraulische Sicherung und ist an der Planung, sowie der Ausführung von Sanierungsmaßnahmen beteiligt.<sup>82</sup>

#### **4.6 Auswertung der Sanierungsarbeiten:**

##### **Belastungen für Anwohner und Umwelt von 1945 bis 2008**

Abgesehen von den Auswirkungen, die die Sprengstoffproduktion in Hirschhagen auf die Arbeiter im Munitionswerk hatte, hatte sie weitere Auswirkungen, die sich in Form von Altlasten im Boden bemerkbar machten. „Unter Altlasten versteht man Ablagerungen und Altstandorte von Stoffen, von denen Gefährdungen für die Umwelt, besonders für die menschliche Gesundheit ausgehen oder zu erwarten sind.“<sup>83</sup> Deshalb begann man in Hirschhagen zu sanieren. Sanieren, bedeutet die Schadstoffe von denen das Gefahrenpotenzial ausgeht zu entfernen und zu beseitigen bzw. zu sichern, so dass sie für Menschen und Umwelt keine Bedrohung mehr darstellen.<sup>84</sup> Dies geschah erst über 50 Jahre nach der Verunreinigung. Seit spätestens 1945 liegen Gefahrstoffe in Boden und Wasser vor. 1963 entdeckte man zum ersten Mal ein Becken mit toxischem Schlamm. 2000 erst begann die strukturierte Sanierung des gesamten Geländes. Da Jahrzehnte unzureichendes Bewusstsein bezüglich der Gefahrstoffe bestand, liefen Menschen unbesorgt im Wald umher, bauten in ihren Gärten Obst und Gemüse an, ließen ihre Kinder auf dem Rasen spielen und wurden mit verunreinigtem Wasser versorgt, bis man anfang das Wasser mit Aktivkohle zu filtern und später aus Großalmerode zu beziehen. Diese Menschen waren einem erhöhten Krebsrisiko und anderen Krankheiten ausgesetzt. Allerdings wurde mit der Zeit vermehrt durch Medien, Broschüren, Bürgerinitiativen und Umweltschutzorganisationen über das Thema Altlasten informiert. Auch ein Projektbeirat wurde eingerichtet, der die Interessen der Anwohner vertreten sollte. 1985 gab es zwei sogenannte Hearings, damit sich Anwohner von Experten informieren lassen konnten. Andere

---

<sup>81</sup> s. auch 4.2 Entdeckung von Verunreinigung, erste Maßnahmen und Trinkwasserversorgung

<sup>82</sup> Vgl. ARCADIS Deutschland GmbH, Sanierung Rüstungsaltsandort Hessisch Lichtenau-Hirschhagen Waldhof, 2002, Online in Internet: URL: [http://www.arcadis.de/web/arcadis.de.nsf/0/96AC399658B9AC09C1256D5C00330463?OpenDocument&p\\_ref=082BE58D8D294172C1256B980050B32C](http://www.arcadis.de/web/arcadis.de.nsf/0/96AC399658B9AC09C1256D5C00330463?OpenDocument&p_ref=082BE58D8D294172C1256B980050B32C), [Stand 29. 04.2006]

<sup>83</sup> Fritsche, Wolfgang: Mikrobiologie, S. 579

<sup>84</sup> Vgl. auch Anhang: Interview mit Herrn Hamann, S. 3

Meldungen wiederum behaupteten, für die Anwohner des kleinen Dorfes bestände keine Gefahr und eine Sanierung wäre nur notwendig, um die Ausweitung der Grundwasserverschmutzung zu stoppen.<sup>85</sup> 1992 bot die HIM-ASG allen Anwohnern von Hirschhagen die Nutzgartenbeprobung an. In einer Informationsbroschüre von 1995 informierte die HIM über Handlungen, die ein Gefahrenpotenzial bergen und solche, die man beruhigt weiterhin tun konnte. Hierin warnte zum Beispiel vor Lebensmittelanbau im eigenen Garten, dem Spielen von Kleinkindern auf Erde und dem Baden in umliegenden Teichen.<sup>86</sup> Mitte der 90er Jahre führte das Hygieneinstitut Gelsenkirchen ein Biomonitoring bei Anwohnern Hirschhagens durch. Man untersuchte ob im Körper Rückstände von TNT zu finden sind. Das Ergebnis war, dass man keine nitroaromatischen Verbindungen nachweisen konnte. Auch in Stadtallendorf, wo, ähnlich wie in Hirschhagen, eine Sprengstofffabrik mit der Produktion von TNT beschäftigt war, fand eine Studie über das Leukämierisiko beim Verzehr von Obst und Gemüse aus potenziell belasteten Gärten statt. Auch hier konnte kein Zusammenhang zwischen einer erhöhten Leukämierate und mit TNT belasteten Grundstücken festgestellt werden. Eine erhöhte Rate bei Menschen die sich aus ihrem Garten ernähren konnte nur im Dorfkern von Stadtallendorf festgestellt werden, dort wo kein Gebäude der Fabrik stand. Entweder hatte sich also die Bodenbelastung sehr weit ausgebreitet oder die hohe Leukämierate in Allendorf hat einen anderen Auslöser.<sup>87</sup> Durch gezielte Sanierungsmaßnahmen in den letzten sechs Jahren dürfte das Krankheitsrisiko auf jeden Fall gesunken sein. Wenn dann 2008 alle Grundstücke in Hirschhagen saniert sind und der Boden die vorgeschriebenen Maximalwerte von Nitroaromaten nicht mehr überschreitet, dürfte sogar das Gemüseanbauen keine Gefahr mehr bergen.<sup>88</sup> Ein Problem könnte sich in Zukunft jedoch durch die unterschiedlichen Grenzwerte entwickeln, da wenn ein Gewerbegebiet, das maximal 40 mg/kg TNT-TE enthalten darf, nun Privatgrundstück würde und somit nur noch 20 mg/kg TNT-TE enthalten dürfte nicht plötzlich neu saniert werden wird und für spielende Kinder mehr Gefahren birgt als für Angestellte eines Betriebes. Außerdem kann, da man die Wohnhäuser nicht zerstören will, nur die Erde um und nicht unter den Gebäuden saniert werden.

---

<sup>85</sup> Vgl. Witzenhäuser Allgemeine: „Bürger nicht akut gefährdet“, Zeitungsartikel vom 10.05.88

<sup>86</sup> HIM-ASG: Sanierung des Rüstungsaltsstandortes, S. 27

<sup>87</sup> Frankfurter Rundschau: „Leukämierisiko aus dem eigenen Garten?, Eine Studie und die ehemaligen Sprengstofffabriken“, Zeitungsartikel vom 11.05.1995

<sup>88</sup> Vgl. Anhang: Interview mit Herrn Österreich, S. 4

## 5.0 Schlusswort

Das Verfassen einer Jahresarbeit war zum Einen sehr interessant, da ich mir selber sehr unterschiedliche Materialien zusammen suchen, also recherchieren musste. Zudem war es teilweise schwierig zu bewerten, welche Informationen relevant und wahrheitsgetreu sind, besonders wenn mir gegensätzliche Aussagen vorlagen. Es war mir kein Problem viele Informationen über mein Thema zu finden. Daher gibt es noch ein paar Bereiche, mit denen ich mich beschäftigt habe, die ich aber aus Platz- und Zeitgründen außen vor gelassen habe. So z. B. das Analyseverfahren zur Auswertung der Bodenproben, das ich mir in Hirschhagen im Vor-Ort-Labor ansehen konnte und das für Interessierte bestimmt sehenswert ist.

An dem Thema Altlasten habe ich ein besonderes Interesse entwickelt und ich finde daran spannend, dass man es aus vielen Blickwinkeln betrachten kann. Daher habe ich diese Arbeit auch fächerübergreifend in Chemie und Geschichte verfasst. Den Schwerpunkt habe ich schon im Vorhinein auf Chemie gelegt, da sich schon mehrere Personen mit dem geschichtlichen Aspekt befasst haben, also dem Dritten Reich und den Zwangsarbeitern, nicht so viele jedoch mit dem chemischen Aspekt. Man kann das Thema natürlich auch von politischem, ethischen bzw. philosophischen Standpunkt aus betrachten. Die umwelttechnische Betrachtungsweise, von der ich ausgehe, bezieht auch die ökologisch-biologische Betrachtungsweise mit ein, da es sich zu einem Großteil um Umweltverschmutzung und in einem längeren Kapitel auch um die mikrobiologische Sanierung handelt. Durch die Beschreibung von chemischen Abläufen und ihren Folgen für Mensch und Umwelt und die Sanierung der Folgen möchte ich auch auf ein, mir sehr wichtiges, Thema aufmerksam machen. Dieses Thema hat einen ethischen Aspekt, da es nach verantwortlichem Handeln fragt. Eine Rüstungsproduktion vor fast 60 Jahren, die damals schon vielen Menschen das Leben oder die Gesundheit, nicht zu reden von der persönlichen Würde gekostet hat, hat uns bis heute ein giftiges und daher gefährliches und teuer zu sanierendes Erbe hinterlassen.

Das Thema ist ein Beweis dafür, dass sich jeder, der mit toxischen Stoffen hantiert, bewusst sein sollte, wie weitreichende Folgen sein Handeln haben könnte und, dass Enkel und Großvater möglicherweise später einmal dafür bezahlen könnten. Zum anderen ist mir bewusst geworden, wie viele Bereiche der Chemie und der Biologie noch unerforscht sind und somit ungeahnte Gefahren, sowie Möglichkeiten bergen. Hier möchte ich als Beispiel noch einmal das mikrobiologische Verfahren zur Sanierung von belasteten Böden und Grundwasser aufführen, zu dem aktuell noch viel erforscht wird und das vielleicht eine sehr kostengünstige, umweltfreundliche und effektive Variante zu klassischen Sanierungsmaßnahmen darstellen kann.

## Literaturverzeichnis:

### Broschüren, Zeitungen, etc. :

<b>Autor - Herausgeber</b>	<b>Titel</b>	<b>Erscheinungsort/ -datum</b>
Bukowski, Christel; Hartmann, Andrea; Petersen, Uwe; Vaupel, Dieter; Wiechmann, Christiane (Projektgruppe Hirschhagen) – Hessisches Institut für Bildungsplanung und Schulentwicklung	<b>Hirschhagen – Sprengstoffproduktion im „Dritten Reich“ – Ein Leitfaden zur Erkundung des Geländes einer ehemaligen Sprengstofffabrik</b>	Kassel und Wiesbaden 1991
Dick, Georg – Hessisches Ministerium für Umwelt und Energie	<b>Pressemitteilung – Neue Sanierungsphase beginnt: Umweltminister vor Ort in Hirschhagen</b>	Wiesbaden, 28.08.1986
DKP-Ortsgruppe Hessisch Lichtenau	<b>Lichtenauer Tatsachen – Hirschhagen: Die chemische Zeitbombe tickt!</b>	März 1984
DKP-Ortsgruppe Hessisch Lichtenau	<b>Lichtenauer Tatsachen – Das Millionending – Gutachten der Bürgerinitiative zu Wasserpreis und Schadenshöhe</b>	September 1986
DKP-Ortsgruppe Hessisch Lichtenau	<b>Lichtenauer Tatsachen – Wasserpreissenkung erneut angelehnt! – DKP-Anträge im Stadthaushalt wieder unberücksichtigt</b>	Dezember 1986
Espelage, Gregor und Vaupel, Dieter - Geschichtswerkstatt Hessisch Lichtenau/ Hirschhagen	<b>700 Jahre Hessisch Lichtenau - Ein ergänzender Beitrag zur Heimatkunde - Rüstungsproduktion in „Friedland“ – Die Fabrik Hessische Lichtenau zur Verwertung chemischer Erzeugnisse G.m.b.H.</b>	Hessisch Lichtenau/ Hirschhagen, 1. Auflage 1989
Hessische Industriemüll GmbH (HIM-ASG)	<b>Hessische Industriemüll GmbH - Bereich Altlastensanierung – ASG – Jahresbericht 1997</b>	o. A.
Hessisches Ministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit	<b>Altlasten: Sanierungsfall Hirschhagen</b>	Wiesbaden, September 1989
Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten	<b>Altlasten, Informationen zur Altlastensanierung</b>	Wiesbaden, Dezember 1993
HIM-ASG	<b>Bereich Altlastensanierung – HIM-ASG – Jahresbericht 2004</b>	o. A.
Löw, Bruns-Nagel, Drzyzga, Fründt, Casper, Steinbach	<b>Leitfaden „Biologische Verfahren zur Bodensanierung“ – TV 3.1.1: Aerob und anaerob-aerobe Behandlung TNT- kontaminierter Böden 9</b>	Laufzeit: 01.06.1996 – 31.12.1998
Niemitz, Dr. - Bundesgesundheitsamt	<b>Wasserversorgung von Hessisch Lichtenau und Helsa; hier: Verunreinigung durch nitrotoluolhaltige Stoffe</b>	Berlin, 31.03.1980
Schneider, Dipl. Ing. Ulrich, unter Mitarbeit	<b>Sanierung der Rüstungsaltpast Hirschhagen - Dokumentation</b>	Kassel, Mai 1990

von König, Dipl. Ing. Wolfram - Hessisches Ministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit		
Schneider, Ulrich	<b>Mediatus – Zeitschrift für Handlungsorientierte Friedensforschung, Das Erbe – Tödliche Gefahr Rüstungsalasten</b>	Starnberg, 9. Jahrgang, Heft 7/89
Schneider, Ulrich - HIM-ASG, Projektleitung Hirschhagen	<b>Sanierung des Rüstungsstandortes Hessisch Lichtenau-Hirschhagen/ Waldhof, Informationsbroschüre</b>	Kassel, 1. Auflage Oktober 1995
Von Bülzingslöwen, Wolf	<b>Bürgerinitiative Hirschhagen informiert! – Giftmüllverbrennungsanlage in Hess. Lichtenau geplant</b>	o. A.
Weiß, Dipl. Ing. agr. Martin	<b>Bildung, Stabilität und Struktur gebundener Rückstände aus dem mikrobiellen Abbau von TNT im Boden – Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doctor agriculturæ (Dr. agr.)</b>	Nephten, 2004

## Bücher:

<b>Autor – Herausgeber</b>	<b>Titel</b>	<b>Ort, Ausgabe, Jahr</b>
Bihler, Koch, Mücke, Weindl	<b>Kursbuch Altlasten – Recht • Toxikologie • Technik</b>	München, 2001
Blaich, Fritz – Reese, Armin und Uffelmann, Uwe	<b>Wirtschaft und Rüstung im „Dritten Reich“</b>	Düsseldorf, 1. Auflage 1987
Espelage, Gregor – Stadt Hessisch Lichtenau	<b>„Friedland“ bei Hess. Lichtenau, Geschichte einer Stadt und Sprengstofffabrik in der Zeit des Dritten Reiches in zwei Bänden, Band II: Geschichte der Sprengstofffabrik Hessisch Lichtenau</b>	Hessisch Lichtenau, 1994
Espelage, Gregor – Stadt Hessische Lichtenau	<b>„Friedland“ bei Hess. Lichtenau, Geschichte einer Stadt und Sprengstofffabrik in der Zeit des Dritten Reiches in zwei Bänden, Band I: Geschichte der Stadt Hessisch Lichtenau bis 1945</b>	Hessisch Lichtenau, 1992
Fritsche Wolfgang	<b>Mikrobiologie</b>	Jena, 2. Auflage 1999
Fritsche, Wolfgang	<b>Umwelt- Mikrobiologie – Grundlagen und Anwendungen</b>	Jena, 1998
Isaacson, Judith Magyar	<b>Befreiung in Leipzig, Erinnerungen einer ungarischen Jüdin</b>	Witzenhausen, 1. Ausgabe, 1991
Jäckel, Manfred und Risch, Dr. Karl T.	<b>Chemie heute – Sekundarbereich II</b>	Hannover, 1988
König, Wolfram und Schneider, Ulrich	<b>Sprengstoff aus Hirschhagen – Vergangenheit und Gegenwart einer Munitionsfabrik</b>	Kassel, 1. Auflage, 1985
Kowalewski, Josef B.	<b>Altlastenlexikon</b>	Essen, 1993
Levi, Trude	<b>Eine Katze namens Adolf</b>	Witzenhausen, 1. Ausgabe 1997
Schiller-Dickhut, Reiner	<b>Müllverbrennung – Ein Spiel mit dem Feuer</b>	Bielefeld, 1989



und Friedrich, Harald		
Schütz, Michael	<b>Umweltbelastungen</b>	
Schütz, Michael	<b>Umweltbelastungen – messen und reagieren</b>	Aachen 1994
Schwister, Karl u.a.	<b>Umwelttechnik, Taschenbuch der</b>	Leipzig, 2003
Süßmuth, Roland; Eberspächer, Jürgen; Haag, Rainer; Springer, Wolfgang	<b>Mikrobiologisch- Biochemisches Praktikum</b>	Stuttgart, 2. Auflage, 1999
Urban, Klaus	<b>Das heiße Erbe des kalten Krieges</b>	
Vaupel, Dieter	<b>Das Außenkommando Hess. Lichtenau des Konzentrationslagers Buchenwald 1944/45 in der Reihe: Nationalsozialismus in Nordhessen, Schriften zur Zeitgeschichte Heft 3</b>	Kassel, 2. Auflage Dez 1984
Versteyl, Ludger-Anselm	<b>Abfall und Altlasten, Beck-Rechtsberater</b>	Burgwedel, 2. Auflage, 01.01.2002

### Video/ DVD:

<b>Herausgeber</b>	<b>Titel</b>	<b>Erscheinungsjahr</b>
Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz	<b>Hessen saniert... ... die Rüstungsalast Hessisch Lichtenau Hirschhagen</b>	2005
HIM-ASG	<b>Sanierung des Rüstungsstandortes Hessisch Lichtenau – Hirschhagen/ Waldhof 1995/96</b>	1997

### Websites:

<b>Ggf. Autor – Titel – Datum</b>	<b>URL</b>	<b>Stand</b>
ARCADIS Deutschland GmbH, Sanierung Rüstungsalaststandort Hessisch Lichtenau- Hirschhagen Waldhof – 2002	<a href="http://www.arcadis.de/web/arcadis.de.nsf/0/96AC399658B9AC09C1256D5C00330463?OpenDocument&amp;p_ref=082BE58D8D294172C1256B980050B32C">http://www.arcadis.de/web/arcadis.de.nsf/0/96AC399658B9AC09C1256D5C00330463?OpenDocument&amp;p_ref=082BE58D8D294172C1256B980050B32C</a>	29.04.2006
ChemgaPedia: Analytik von Rüstungsalastlasten - o.J.	<a href="http://www.chemgapedia.de/vsengine/printvlu/vsc/de/ch/3/anc/altlasten/analytik.vlu.html">http://www.chemgapedia.de/vsengine/printvlu/vsc/de/ch/3/anc/altlasten/analytik.vlu.html</a>	18.04.2006
Edagr181 – Image: Picric acid.png - 02.03.2006	<a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Picric_acid.png">http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Picric_acid.png</a>	16.04.2006
Manske, Magnus – Image: TNT.png – 24.01.2003	<a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Image:TNT.png#file">http://en.wikipedia.org/wiki/Image:TNT.png#file</a>	16.04.2006

Sörn – Bild: Nitriersäure.png – 12.08.2005	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Nitriers%C3%A4ure.png">http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Nitriers%C3%A4ure.png</a>	18.04.2006
Uni Marburg: Bild: Mikrobiologische Transformation und Humifizierung von TNT, unter mikrobiologische Sanierung von Rüstungsaltslasten – 11.11.1998	<a href="http://www.med.uni-marburg.de/stpg/ukm/lt/umwelthyg/ruest01.htm#abbau">http://www.med.uni-marburg.de/stpg/ukm/lt/umwelthyg/ruest01.htm#abbau</a>	01.05.2006
Wikipedia: Pikrinsäure – o.J.	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Pikrins%C3%A4ure">http://de.wikipedia.org/wiki/Pikrins%C3%A4ure</a>	16.04.2006
Wikipedia: Trinitrotoluol – o.J.	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Trinitrotoluol">http://de.wikipedia.org/wiki/Trinitrotoluol</a>	18.04.2006

## **Fremd- und Fachwörterverzeichnis:**

**Adstringens** = zusammen ziehendes, Blutungen stillendes Mittel

**aerob** = Sauerstoff zum Leben brauchend

**anaerob** = ohne Sauerstoff lebend

**Anämie** = Blutarmut: Verminderung des Hämoglobins/ der roten Blutkörperchen

**cometabolisch** = ein Substrat, das nur in Gegenwart eines zweiten, zum Wachstum nutzbaren Substrates transformiert wird

**Ex-situ-Verfahren** = Sanierungsverfahren, bei dem der Boden aus seiner ursprünglichen Lage entnommen und an einem anderen Ort behandelt wird

**granulieren** = verarbeiten zu Körnchenform

**hydraulisch** = mit Flüssigkeitsdruck arbeitend

**hydrophil** = „wasserliebend“, polare Stoffe, die leicht mit Wasser reagieren/ sich vermischen

**hydrophob** = „wasserfürchtend“, unpolare Stoffe, die nicht/ schwach mit Wasser reagieren/ vermischen

**inertter Stoff** = reaktionsträger Stoff, der sich an bestimmten Reaktionen nicht beteiligt

**In-situ-Verfahren** = Sanierungsverfahren, bei dem der Boden in seiner ursprünglichen Lage verbleibt und dort behandelt wird

**Ligninolytische Enzyme** = Enzyme, die das pflanzliche Polymer Lignin abbauen können

**Mineral** = jeder anorganische, chemisch u. physikalisch einheitliche u. natürlich gebildete Stoff der Erdkruste

**mineralisieren** = Mineralbildung bewirken; zum Mineral werden

**Oleum** = rauchende, 106 %ige Schwefelsäure

**Reagens** = jeder Stoff, der mit einem anderen eine bestimmte chemische Reaktion herbeiführt u. ihn so identifiziert

**Seperatoren** = Gerät zur Trennung verschiedener Bestandteile von Stoffgemischen (durch Zentrifugalkräfte)

**Substituent** = Atom od. Atomgruppe, die andere Atome oder Atomgruppen in einem Atomgefüge (Molekül) ersetzen kann, ohne dieses zu zerstören

**Wachstumssubstrat** = Nährboden

**zentrifugieren** = Trennung eines Gemisches mit Hilfe einer Zentrifuge

## **Abkürzungsverzeichnis:**

**ADNT** = Aminodinitrotoluol

**A-Tri** = das symmetrische 2,4,6- Trinitrotoluol

**DAG** = Deutsche Aktien Gesellschaft

**DNT** = Dinitrotoluol

**EBL** = Einstufungs-Bereitstellungs-Lager

**IUPAC** = International Union of Pure and Applied Chemistry

**MNT** = Mononitrotoluol

**Montan** = Montan-Industriewerke GmbH

**OKH** = Oberkommando des Heeres

**OT** = Organisation Todt

**PAK** = Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

**TAT** = Triaminotoluol

**TNT** = Trinitrotoluol

**TNT-TE** = Toxizitätsäquivalente die sich an TNT orientiert

**Verwertchemie** = Gesellschaft zur Verwertung chemischer Erzeugnisse m.b.H.

**WAA** = Wasseraufbereitungsanlage

## Selbstständigkeitserklärung:

Ich versichere hiermit, dass ich diese Facharbeit selbstständig verfasst, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe und dass sämtliche Stellen, die benutzten Werken im Wortlaut oder dem Sinne nach entnommen worden sind, mit Quellenangaben kenntlich gemacht wurden. Diese Versicherung gilt auch für Zeichnungen, Skizzen und bildliche Darstellungen.

Hessisch Lichtenau/Fürstenhagen, den 03.05.2006

Hanna Oehl

## **Arbeitsprozess zur Entstehung der Facharbeit:**

Nach dem wir im Herbst letzten Jahres (2005) darüber informiert worden waren, dass wir eine Jahresarbeit im Jahrgang 12 zu schreiben verpflichtet sind und durch Frau Harms über Details unterrichtet worden waren, begann ich mir ernsthaft Gedanken über ein mögliches Thema zu machen. Mir fielen einige Themen ein. Da man bei einem Thema, das in der näheren Umgebung behandelt wird, besser recherchieren und besser eigene Arbeit einbinden kann, kam ich recht schnell auf Hirschhagen, was (wie schon in meinem Vorwort und Schlusswort erwähnt) mich schon länger beschäftigte. Die chemische Sicht auf die Ereignisse stellten hierbei einen im Verhältnis zur Geschichte wenig behandelten Aspekt dar, der sich zudem als sehr spannend herausstellte. Nun fing ich an mir Materialien zu beschaffen. Bei uns zu Hause fand ich einige aufschlussreiche Quellen, wie Bücher, Zeitungsartikel oder auch Informationsbroschüren, die sich über die Jahre angesammelt hatten, da mein Vater Kommunalpolitiker ist und sich zusätzlich in der Geschichtswerkstatt Hirschhagen mit der Geschichte Hirschhagens auseinandersetzt. So kam ich auch auf das in meiner Jahresarbeit wohl am häufigsten genannte Werk von Gregor Espelage über die Geschichte Hessisch Lichtenau vor 1945. Nach der groben Sichtung einiger Werke erstellte ich eine vorläufige Gliederung, die Punkte zur Entstehung sowie zur Sanierung der Altlasten enthielt.

Um zusätzlich Informationen, hauptsächlich zu chemischen Prozessen, zu erlangen, suchte ich über das Internet und vor Ort in der Stadtbibliothek Kassel und der Unibibliothek Göttingen nach geeigneter Fachliteratur. Zur mikrobiologischen Sanierung von Altlasten war z. B. reichlich Fachliteratur vorhanden, daher zur chemischen Verwertung eher weniger und es dauerte etwas länger um geeignetes Material zu finden.

Ende des Jahres 2005 wurde ich auf das Projektbüro aufmerksam. Woraufhin ich mich im Januar 2006 mit Herrn Oliver Hamann, der Mitarbeiter im Bürgerbeteiligungsbüro ist, zu einem Interview verabredete. Hier konnte ich mir noch einmal einen besseren Überblick über das historische Geschehen in Hirschhagen und vor allen Dingen über die Sanierungsmaßnahmen verschaffen. Zudem bot er mir an, dass ich mich über Details der Sanierungsmaßnahmen und chemische Prozesse mit einem Chemiker im Vorortlabor unterhalten könnte. So bat ich Herrn Österreich, Chemiker im Vorortlabor in Hirschhagen, um ein Gespräch, das Ende Januar 2006 stattfand. Er informierte mich über Sanierungsmaßnahmen, die thermische Erhitzung und die mikrobiologische Sanierung und zeigte sowie erläuterte mir die Bodenanalyse im Vorortlabor in Hirschhagen. (siehe auch die beiden Interviews) Zusätzlich suchte ich ständig nach passenden Artikeln im Internet.

Als nächster Schritt kam schon das Verfassen der Jahresarbeit. Ich las mir Literatur zu einem Thema durch und verfasste so nach und nach die einzelnen Kapitel. Hierbei änderte sich teilweise meine vorläufige Gliederung, da sich einige Überschriften als unrelevant oder ungenau formuliert herausstellten.

Während und nach dem Verfassen stellte ich dann den Anhang zusammen, d.h. ich verfasste das Literaturverzeichnis und ordnete meine Materialien, ließ den Text Korrektur lesen, so dass die Ihnen jetzt vorliegende Facharbeit entstand.